LA COMPRENSIÓN DEL CEREBRO

El nacimiento de una ciencia del aprendizaje







EDICIONES UNIVERSIDAD CATÓLICA SILVA HENRÍQUEZ

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN
Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS

La OCDE constituye un foro único en su género, donde los gobiernos de 30 países democráticos trabajan conjuntamente para afrontar los retos económicos, sociales y medioambientales que plantea la globalización. La OCDE está a la vanguardia de los esfuerzos emprendidos para ayudar a los gobiernos a entender y responder a los cambios y las preocupaciones del mundo actual, como el gobierno corporativo, la economía de la información y los retos que genera el envejecimiento de la población. La Organización ofrece a los gobiernos un marco en el que pueden comparar sus experiencias políticas, buscar respuestas a problemas comunes, identificar buenas prácticas y trabajar en la coordinación de políticas nacionales e internacionales.

Los países miembros de la OCDE son Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Corea, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Luxemburgo, México, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Eslovaca, Suecia, Suiza y Turquía. La Comisión de las Comunidades Europeas participa en el trabajo de la OCDE.

Las publicaciones de la OCDE aseguran una amplia difusión de los trabajos de la Organización. Éstos incluyen los resultados de la compilación de estadísticas, los trabajos de investigación sobre temas económicos, sociales y medioambientales, así como las convenciones, directrices y los modelos desarrollados por los países miembros.

Obra publicada originalmente por la OCDE en inglés y en francés con los títulos:
Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science
Comprendre le cerveau: naissance d'une science de l'apprentissage

General Jofré 462, Santiago
Fono: 56-2-4601144
Fax: 56-2-6345508
e-mail: publicaciones@ucsh.cl
www.ucsh.cl / www.edicionesucsh.cl / www.universilibros.cl
Registro de Propiedad Intelectual núm. 168.164
ISBN 978-956-7947-92-8
Primera edición: 2009
Traducción: Prof. Mario Silva Sthandier
Diseño y diagramación: Fabiola Hurtado Céspedes
Impreso en LOM Ediciones

LA COMPRENSIÓN DEL CEREBRO

El nacimiento de una ciencia del aprendizaje



Índice

Cuadros

Tablas

Figuras

Prefacio

El proyecto de "Ciencias del Aprendizaje e Investigación sobre el Cerebro" inició en 1999 en el Centro para la Investigación e Innovación Educativa (CERI*) de la OCDE. El propósito de este nuevo proyecto era promover la colaboración entre las ciencias del aprendizaje y las investigaciones del cerebro, por una parte, y la de los investigadores y los gestores de políticas, por la otra. La Junta de Gobernadores del CERI reconoció este proyecto como una tarea difícil y desafiante, pero con un alto potencial de resultados. Hubo acuerdo en que el proyecto constituía un excelente potencial para comprender mejor los procesos del aprendizaje a lo largo del ciclo de la vida y que había que enfrentar una importante cantidad de temas éticos en este marco. Juntos, estos potenciales e intereses subrayan la necesidad de un diálogo entre los diferentes agentes interesados.

La investigación del cerebro está ganando terreno, lento pero seguro, en cuanto a aplicaciones en el campo del aprendizaje. La segunda fase del proyecto inició con éxito mucha fertilización transversal en las áreas de investigación y entre los investigadores, y ha llegado a ser internacionalmente reconocido. Esto ha llevado al impulso de muchas iniciativas nacionales en los países de la OCDE, para poner el nuevo conocimiento acerca del cerebro dentro de la práctica educacional. Sin embargo, el número de descubrimientos relacionados con la investigación cerebral que ha sido aprovechado por el sector educacional permanece siendo relativamente bajo hasta ahora, en parte debido a que no existe aún consenso sobre las aplicaciones potenciales de la investigación del cerebro a las políticas educacionales. Sin embargo, existen poderosas y diferentes razones para promover los centros pioneros del cerebro y de aprendizaje, así como la creación de más puentes entre las dos comunidades de investigación. Los hallazgos confirman la plasticidad del cerebro para aprender siempre a lo largo del ciclo de vida de la persona. Las tecnologías no invasivas de escaneo cerebral y de imagenología están abriendo

* N. del T. Corresponde a las siglas en inglés. Es lo que usaremos de aquí en adelante, cuando nos refiramos a dicho Centro.

completamente la posibilidad de nuevos enfoques. Acercando a las dos comunidades de investigadores ciertamente se crearán descubrimientos con mayor valor añadido.

Este libro sigue al informe de la OCDE *La comprensión del cerebro: hacia una nueva ciencia del aprendizaje*, editado en 2002 (publicado en siete idiomas; la mayor parte de dicha obra está reflejada en ésta). Tiene como finalidad educar a los lectores acerca del cerebro y la comprensión de cómo se aprende y de cómo el aprendizaje puede ser optimizado mediante la crianza, la capacitación y los procesos y las prácticas de enseñanza adaptados. Se intenta que sea accesible a los no especialistas y, por lo tanto, busca evitar un lenguaje exclusivo. Su contenido deriva de las tres redes transdisciplinarias establecidas el año 2002 para enfocarse en la alfabetización, los conocimientos básicos de matemáticas y el aprendizaje continuo, y una cuarta actividad de foco: las emociones y el aprendizaje, la cual se desarrolló en forma paralela a las tres redes desde el año 2004. El sitio web dedicado al proyecto también sirvió como fuente de interacción innovadora de aportes para este trabajo, ya que por este medio se solicitaron la retroalimentación y los aportes sustanciales de los practicantes educacionales y de la sociedad civil.

Financiamiento esencial y apoyo sustantivo fueron proporcionados por:

- La Fundación Nacional de Ciencia [*National Science Foundation*] (Directorio de Investigación, Evaluación y Comunicación/División de Educación, Estados Unidos)
- El Ministerio de Educación, Cultura, Deportes, Ciencia y Tecnología del Japón (MEXT)
- El Departamento de Educación y Destrezas Vocacionales del Reino Unido (DfES)
- El Ministerio de Educación de Finlandia
- El Ministerio de Educación de España
- La Fundación de Educación Continua del Reino Unido

Un apoyo fundamental científico, financiero y/u organizacional fue otorgado por el Instituto de Ciencia del Cerebro RIKEN de Japón; el Instituto Sackler de Estados Unidos; el Laboratorio de Aprendizaje de Dinamarca; el ZNL dentro de la Universidad de Ulm de Alemania; el INSERM de Francia; la Universidad de Cambridge del Reino Unido; la

Academia de Ciencias de Francia; la Municipalidad y la Universidad de Granada en España; la Institución Real del Reino Unido.

Dentro de la OCDE, el líder del proyecto "Ciencias del Aprendizaje e Investigación sobre el Cerebro", Bruno della Chiesa, fue responsable de este Informe, junto con Cassandra Davis, Koji Miyamoto y Keiko Momii. Aportes importantes fueron hechos por Christina Hinton, Eamon Kelly, Ulrike Rimmele y Ronit Strobel-Dahan, como consultores del proyecto. La versión inglesa del informe principal (Parte I) fue editada por David Instance y la versión francesa por Bruno della Chiesa. El libro fue parcial o completamente revisado por Jarl Bengtsson, Delphine Grandrieux, David Instance, Christina Hinton, Atsushi Iriki, Masao Ito, Jellemer Jolles, Hideaki Kizumi, Michael Posner, Ulrike Rimmele, Adriana Ruiz Esparza, Ronit Strobel-Dahan, y el "Equipo de Cerebro" del CERI.

Dentro del Secretariado, Jarl Bengtsson llevó la iniciativa de lanzar este proyecto y proporcionó un apoyo estratégico y crítico a través de todo su desarrollo; Tom Schuller continuó a lo largo de la segunda fase del proyecto. El apoyo logístico fue provisto por Vanesa Christoph, Emily Groves y Carrie Tyler (en orden de sucesión). Cassandra Davis fue la editora del sitio web del proyecto.

Barbara Ischinger
Directora, Directorio de Educación

Agradecimientos

En nombre del Secretariado, Bruno della Chiesa desearía:

- Dedicar este trabajo a Jarl Bengtsson, la idea original detrás del proyecto de “Ciencias del Aprendizaje e Investigación sobre el Cerebro”.
- Expresar especial gratitud a Eric Hamilton, Masao Ito, Eamonn Kelly, Hideaki Koizumi, Michael Posner y Emile Servan-Schreiber por su máxima dedicación al proyecto.
- Expresar agradecimientos a los principales socios que apoyaron el proyecto por sus contribuciones (financieras y/o sustanciales): Richard Bartholomew y equipo, Christopher Brookes, Eamonn Kelly, Juan Gallo y equipo, Eric Hamilton y equipo, Masayuki Inoue y equipo, Søren Kjær Jensen y equipo, Reijo Laukkanen y equipo, Pierre Léna y equipo, Francisco Lopez Ruperez, José Moratalla y equipo, Teiichi Sato, Sylvia Schmelkes del Valle, Hans Siggaard Jensen y equipo, Finbarr Sloane.
- Agradecer también a los científicos que estuvieron involucrados a lo largo del proyecto: Brian Butterworth, Stanislas Dehaene, Christina Hinton, Jellemer Jolles, Heikki Lyytinen, Bruce McCandliss, Ulrike Rimmele, Núria Sebastián, Manfred Spitzer. A Hilary Barth, Antonio Batro, Daniel Berch, Leo Blomert, Elisa Bonilla, John Bruer, Tom Carr, Marie Cheour, Guy Claxton, Frank Coffield, Stanley Colcombe, Margarete Delazer, Guinevere Eden, Linnea Ehri, Michel Fayol, Uta Frith, Michael Fritz, Ram Frost, Peter Gärdenfors, Christian Gerlach, Usha Goswami, Sharon Griffin, Peter Hannon, Takao Hensch, Katrin Hille, Shu Hua, Petra Hurks, Walo Hutmacher, Atsushi Iriki, Layne Kalbfleisch, Ryuta Kawashima, Arthur Kramer, Morten Kringelbach, Stephen Kosslyn, Jan de Lange, Cindy Leaney, Geoff Masters, Michael Meaney, Michael Miller, Fred Morrison, Risto Näätänen, Kevin Ochsner, David Papo, Raja Parasuraman, Eraldo Paulesu, Ken Pugh, Denis Ralph, Ricardo Rosas, Wolfgang Schinagl, Mark Seidenberg, David Servan-Schreiber, Bennett Shaywitz, Sally Shaywitz, Elizabeth Spelke, Pio Tudela, Harry Uylings, Janet Werker, Daniel Wolpert y Johannes Ziegler, miembros de las redes de expertos de alto nivel del proyecto.

- Expresar agradecimientos por las instalaciones y la hospitalidad dadas para los productivos encuentros transdisciplinarios a (en orden de sucesión cronológica) el Instituto Sackler, Estados Unidos; la Universidad de Granada, España; el Instituto de Ciencia del Cerebro RIKEN del Japón; la Junta Nacional de Educación de Finlandia; la Institución Real del Reino Unido; el INSERM de Francia; la ZNL en el Hospital Psiquiátrico Universitario de Ulm, Alemania; el Laboratorio de Aprendizaje de Dinamarca; el Ministerio de Educación de España; la Academia de Ciencias de Francia; el Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología para la Sociedad (RISTEX) de la Agencia de Ciencia y Tecnología de Japón (JST); y el Centro para la Neurociencia de la Universidad de Cambridge, Reino Unido.
- A los escritores y contribuidores de esta publicación: Christopher Ball, Bharti, Frank Coffield, Mélanie Daubrosse, Gavin Doyle, Karen Evans, Kurt Fisher, Ram Frost, Christian Gerlach, Usha Goswami, Rob Harriman, Liet Hellwig, Katrin Hille, Christina Hinton, David Instance, Marc Jamous, Jellemer Jolles, Eamonn Kelly, Sandrine Kelner, Hideaki Koizumi, Morten Kringelbach, Raja Parasuraman, Odile Pavot, Michael Posner, Ulrike Rimmele, Adriana Ruiz Esparza, Núria Sebastián, Emile Servan-Schriber, Ronit Strobel-Dahan, Collete Tayler, Rudolf Tippelt, Johannes Ziegler.
- A los traductores: Jean-Daniel Brèque, Isabelle Hellyar, Duane Peres, Amber Robinson, Marie Surgers.
- A los colegas de Recursos Humanos, por la iniciación e implementación de los dos eventos de Conciencia Cerebral desarrollados en las Oficinas Centrales de la OCDE, y a los colegas del Directorio de Asuntos Públicos y Comunicación de la OCDE, por su apoyo y comprensión.
- A los miembros del Centro de Investigación Educacional e Innovación (CERI), quienes han participado en este proyecto: Francisco Benavides, Tracey Burns, Emma Forbes, Stephen Girasuolo, Jennifer Gouby, Delphine Grandrieux, David Instance, Kurt Larsen, Sue Lindsay, Cindy Luggery-Babic y Tom Schuller.
- Un duradero agradecimiento al dedicado "Equipo del Cerebro": Jarl Bengtsson, Vanessa Christoph, Cassandra Davis, Emily Groves, Koji Miyamoto, Keiko Momii y Carrie Tyler, sin quienes este trabajo no habría sido posible.

Resumen ejecutivo

La educación es como una espada de dos filos.
Puede volverse peligrosa si no se usa adecuadamente.
Wu Ting-Fang

Después de dos décadas de trabajo pionero en la investigación del cerebro, la comunidad educacional ha comenzado a darse cuenta de que "comprender el cerebro" puede ayudar a abrir nuevos caminos para mejorar la investigación, las políticas y las prácticas en el campo educacional. Este informe sintetiza el progreso logrado en el enfoque del aprendizaje con conocimiento acerca del cerebro y lo usa para enfrentar los temas clave para la comunidad educacional. No ofrece soluciones simplistas ni sostiene que el aprendizaje basado en el conocimiento del cerebro es una panacea. Proporciona *eso sí* una evaluación objetiva del estado del arte de la investigación en la intersección de la neurociencia cognitiva y el aprendizaje, y "traza un mapa" de la investigación y las implicaciones de esto para las políticas de la próxima década.

La Parte I "El cerebro que aprende" es el informe principal: una revisión de todos los análisis y eventos realizados en los siete años pasados sobre el proyecto OCDE/CERI "Ciencias del Aprendizaje e Investigación sobre el Cerebro". La Parte II "Artículos colaborativos" contiene tres artículos dedicados al "cerebro que aprende" en la primera infancia, la adolescencia y la edad adulta, respectivamente. Éstos han sido escritos, en cada caso, por tres expertos, quienes han combinado su experiencia y conocimientos en sinergia de las diferentes perspectivas de las neurociencia y la educación. El Anexo A reproduce algunas ideas y diálogos que han surgido del sitio web interactivo del proyecto, abierto a la sociedad civil y que incluye un foro de profesores. El Anexo B actualiza al lector con los desarrollos en la tecnología de la neuroimagenología, que han sido tan fundamentales para los avances analizados en este informe.

El primer capítulo ofrece un novedoso "ABC" de los contenidos del informe, listando las palabras clave en orden alfabético.* Esto sirve simultáneamente para ofrecer resúmenes breves de conceptos complejos y para guiar al lector hacia los capítulos relevantes, que son tratados con mayor profundidad. Ello es seguido, en la primera parte del capítulo siguiente, por una visión general breve, pero esencial, acerca de la arquitectura y el funcionamiento del cerebro.

Cómo aprende el cerebro a lo largo de la vida

Los neurocientíficos han establecido muy bien que el cerebro tiene una capacidad muy potente y bien desarrollada para cambiar en respuesta a las demandas del ambiente: un proceso denominado *plasticidad*. Éste comprende la creación y el fortalecimiento de algunas conexiones neuronales y el debilitamiento o la eliminación de otras. El grado de modificación depende del *tipo* de aprendizaje que ocurre: el aprendizaje a largo plazo implica una modificación más profunda. También depende del *período* de aprendizaje: los niños pequeños experimentan un crecimiento extraordinario de nuevas sinapsis. Sin embargo, un profundo mensaje es que la plasticidad es una característica central del cerebro a lo largo de toda la vida.

Existen "períodos sensibles" u óptimos durante los cuales ciertos tipos especiales de aprendizaje son más efectivos, a pesar de esta plasticidad que dura toda la vida. Para los estímulos sensoriales, como los sonidos del habla, y para ciertas experiencias emocionales y cognitivas, como el contacto con el lenguaje, hay períodos relativamente restringidos y tempranamente sensibles. Otras destrezas, como la adquisición de vocabulario, no pasan a través de estos períodos restringidos y pueden ser igualmente bien aprendidos en cualquier momento de la existencia. La neuroimagenología de los adolescentes nos muestra ahora que el cerebro de ellos está lejos de haber madurado y presenta cambios estructurales extensos mucho después de la pubertad. La adolescencia es un período extremadamente importante en términos de desarrollo emocional, en parte debido al surgimiento de hormonas en el cerebro; la corteza pre-

* N. del T. Este orden alfabético que se logra en inglés con las palabras que comienzan con A **A**cquisition (adquisición), **B**rain (cerebro), pasando por **V**ariability (variabilidad), **W**ork (trabajo), se pierde en castellano al traducirlo.

frontal, aún no desarrollada del todo entre los jóvenes, puede ser una de las explicaciones para su conducta inestable. Hemos capturado esta combinación de inmadurez emocional y alto potencial cognitivo en la frase "alta potencia, deficiente conducción".

En los adultos mayores, la fluidez o experiencia con una tarea puede reducir los niveles de actividad cerebral –en un sentido, ésta es una mayor eficiencia de procesamiento–. Sin embargo, el cerebro también declina mientras más dejamos de usarlo y con la edad. Los estudios han mostrado que el aprendizaje puede ser un medio efectivo de contrarrestar el funcionamiento reducido del cerebro: mientras más oportunidades haya para los adultos mayores de seguir aprendiendo (ya sea mediante la educación de adultos, o las actividades sociales o laborales), mayores serán las oportunidades para demorar el comienzo o atrasar la aceleración de las enfermedades neurodegenerativas.

La importancia del ambiente

Los hallazgos producidos por las investigaciones sobre el cerebro indican cómo la crianza es crucial para el proceso del aprendizaje y están comenzando a dar indicaciones acerca de los ambientes apropiados para éste. Muchos de los factores ambientales que llevan a un mejor funcionamiento del cerebro son los elementos cotidianos –la calidad del ambiente social y de las interacciones, la nutrición, el ejercicio físico y el sueño– todo lo cual puede parecer demasiado obvio y ser fácilmente pasado por alto en su impacto en la educación. Condicionando nuestras mentes y cuerpos correctamente, es posible sacar ventaja del potencial del cerebro para la plasticidad y facilitar el proceso de aprendizaje. Esto merece un enfoque holístico: el que reconoce la estrecha interdependencia del bienestar físico e intelectual y la estrecha interrelación de lo emocional y lo cognitivo.

En el centro del cerebro está el conjunto de estructuras conocido como el sistema límbico, históricamente denominado el "cerebro emocional". Se acumulan evidencias que indican que nuestras emociones ciertamente reesculpen el tejido nervioso. En situaciones de estrés excesivo o miedo intenso, el juicio social y el desempeño cognitivo sufren a partir del compromiso de los procesos neuronales de la regulación emocional. Alguna ansiedad es esencial para enfrentar los desafíos y puede llevar a

mejor cognición y aprendizaje, pero pasado cierto nivel produce el efecto opuesto. Con relación a las emociones positivas, uno de los más poderosos acicates que motivan a las personas a aprender es la iluminación que llega con la aprehensión de nuevos conceptos –el cerebro responde muy bien a esto–. Una meta primaria de la educación temprana debería ser asegurar que los niños tengan esta experiencia de "iluminación" tan pronto como sea posible y lleguen a tomar conciencia de cuán placentero puede ser el aprendizaje.

El manejo de las propias emociones es una de las destrezas clave de un aprendiz eficaz; la autorregulación es una de las más importantes destrezas de comportamiento, y emocionales, que los niños y las personas mayores requieren en sus ambientes sociales.

Las emociones dirigen (o trastornan) los procesos psicológicos, como la habilidad de focalizar la atención, resolver problemas y apoyar las relaciones. La neurociencia, con ayuda de la psicología cognitiva y la investigación sobre el desarrollo de la infancia, comienza a identificar regiones cerebrales críticas, cuya actividad y cuyo desarrollo están directamente relacionados con el autocontrol.

Lenguaje, alfabetización y el cerebro

El cerebro está biológicamente alistado para adquirir el lenguaje desde el instante mismo del inicio de la vida; el proceso de adquisición del lenguaje requiere la catálisis de la experiencia. Existe una relación inversa entre la edad y la eficacia del aprendizaje de muchos aspectos del lenguaje –en general, mientras menor sea la edad de contacto con éste, más exitoso será el aprendizaje– y la neurociencia ha comenzado a identificar cómo procesa el cerebro de manera diferente el lenguaje en los niños pequeños, en comparación con las personas maduras. Esta comprensión es relevante para las políticas de educación, especialmente en relación con la instrucción de un idioma extranjero, la que a menudo no comienza hasta la adolescencia. Los adolescentes y los adultos pueden aprender también un nuevo idioma, pero presentan mayores dificultades.

La importancia dual en el cerebro de los sonidos (fonética) y del procesamiento directo del significado (semántica) puede ilustrar el clásico debate, en la enseñanza de la lectura, entre el desarrollo de las destrezas

fonéticas específicas, algunas veces denominado "instrucción silábica" y la inmersión en el texto del "lenguaje global". La comprensión de cómo ambos procesos operan respalda un enfoque equilibrado para la instrucción de la alfabetización, que puede diseñar más fonética o más "idioma global", dependiendo de la morfología del idioma en cuestión.

Una gran parte de los circuitos del cerebro implicados en la lectura son compartidos a través de los idiomas, pero existen algunas diferencias respecto a que los aspectos específicos del idioma apelan a diferentes funciones, como la decodificación diferente o las estrategias de reconocimiento de palabras. Dentro de los idiomas alfabéticos la principal diferencia analizada en este informe es la importancia de la "profundidad" de la ortografía: un idioma "profundo" (que relaciona [*maps*] los sonidos con las letras en una gran variedad de posibilidades), como el inglés o el francés, contrasta con los idiomas "menos profundos" [*shallow*] y más "consistentes", como el castellano o el turco. En estos casos, las estructuras especiales del cerebro se unen para actuar en apoyo de aspectos de la lectura que son distintivos de estos idiomas.

La dislexia está extendida y rebasa las fronteras culturales y socioeconómicas. Ciertas características corticales atípicas en el hemisferio izquierdo, en regiones que se encuentran en la parte posterior del cerebro, se han asociado regularmente con la dislexia, que produce un impedimento en el procesamiento de los elementos sonoros del lenguaje. Mientras las consecuencias *lingüísticas* de esta dificultad son relativamente menos importantes (por ejemplo: la confusión de palabras que suenan parecido), el impedimento puede ser mucho más significativo para la *alfabetización* [*literacy*] debido a que el emparejamiento de sonidos fonéticos con símbolos ortográficos es la cruz de la lectura en los idiomas alfabéticos. La neurociencia está abriendo nuevas avenidas para la identificación y la intervención para este tema.

Conocimientos básicos de matemáticas [*numeracy*] y el cerebro

Como la alfabetización, los conocimientos básicos de matemáticas se crean en el cerebro mediante la sinergia de la biología y la experiencia. Del mismo modo en que ciertas estructuras cerebrales son diseñadas a través de la evolución para el lenguaje, existen estructuras análogas para

el sentido cuantitativo. También, como con el lenguaje, las estructuras cerebrales definidas genéticamente no pueden apoyar por sí mismas las matemáticas, ya que requieren de coordinación con aquellos circuitos neuronales suplementarios que no están específicamente destinados para esta labor, pero que han sido formados por la experiencia para realizarla. He aquí el importante rol de la educación –ya sea en las escuelas, el hogar o el juego–; y el valioso rol educativo, para la neurociencia, de ayudar a enfrentar este desafío.

Aunque las investigaciones neurocientíficas sobre los conocimientos básicos de matemáticas están aún en su infancia, el campo ya alcanzó un progreso significativo en la década pasada. Muestra que incluso las operaciones numéricas muy simples están distribuidas en diferentes partes del cerebro y requieren la coordinación de múltiples estructuras. La simple representación de los números abarca un complejo circuito que reúne los sentidos de magnitud y las representaciones visuales y verbales. El cálculo demanda otras redes complejas repartidas, que varían de acuerdo con la operación de que se trate: la resta es críticamente dependiente del circuito parietal inferior, mientras que la suma y la multiplicación implican a otros circuitos. Las investigaciones en matemáticas avanzadas son escasas, pero parece que estas operaciones demandan, al menos parcialmente, la participación de diferentes circuitos.

La comprensión de los caminos de desarrollo subyacente para las matemáticas, desde una perspectiva cerebral, puede ayudar a moldear el diseño de las estrategias de enseñanza. Diferentes métodos de instrucción llevan a la creación de caminos neuronales que varían en efectividad: el aprendizaje de ejercicios, por ejemplo, desarrolla caminos neuronales que son menos efectivos que los desarrollados mediante estrategias de aprendizaje. El apoyo está creciendo, desde la neurociencia, para enseñar estrategias que involucran el aprendizaje en mayor detalle que la identificación de respuestas correctas/incorrectas. Esto es ampliamente coherente con la evaluación formativa.

Aunque los soportes neuronales de la discalculia –el equivalente numérico de la dislexia– aún están poco investigados, el hallazgo de características biológicas asociadas con impedimentos matemáticos específicos sugiere que las matemáticas están lejos de ser una construcción puramente cultural: requieren el funcionamiento completo y la integridad

de estructuras cerebrales específicas. Es probable que los circuitos neuronales deficientes que subyacen a la discalculia puedan enfrentarse mediante intervenciones objetivadas debido a la 'plasticidad' –la flexibilidad– de los circuitos implicados en las matemáticas.

Disipando "neuromitos"

En años recientes, ha surgido un creciente número de conceptos erróneos en relación con el cerebro: los "neuromitos". Éstos son relevantes para la educación, ya que muchos han sido desarrollados como ideas o enfoques respecto a cómo aprendemos. Estos conceptos erróneos a menudo han tenido sus orígenes en algún elemento científico sólido, lo que hace más difícil identificarlos y refutarlos. Como están incompletos, extrapolados más allá de la evidencia, o simplemente son falsos, requieren ser disipados para prevenir que la educación corra hacia callejones sin salida.

Cada "mito" o conjunto de mitos es analizado en términos de cómo han surgido estos conceptos en el discurso popular y por qué no son apoyados por la evidencia neurocientífica. Están agrupados del siguiente modo:

- "No hay tiempo que perder ya que todo lo importante para el cerebro está decidido a los tres años de edad."
- "Existen períodos críticos cuando se debe enseñar y aprender ciertas materias."
- "Sin embargo, he leído en alguna parte que usamos solamente 10% de nuestro cerebro."
- "Soy una persona del 'hemisferio izquierdo', ella es una persona del 'hemisferio derecho' ".
- "Aceptémoslo: los hombres y los niños tienen cerebros diferentes a los de las mujeres y las niñas."
- "El cerebro de un niño pequeño sólo puede manejar el aprendizaje de un idioma a la vez."
- "¡Mejore su memoria!"
- "¡Aprenda mientras duerme!"

La ética y la organización de la neurociencia educacional

La importancia y las promesas de este nuevo campo no constituyen una razón para eludir la cuestiones éticas fundamentales que surgen:

¿Para qué propósitos y para quiénes? Ya es importante repensar el uso y posible abuso de la técnica de imagenología del cerebro. ¿Cómo asegurar, por ejemplo, que la información médica conseguida se mantenga confidencial y no sea filtrada a organizaciones comerciales o ciertamente a instituciones educacionales? Mientras más exactamente permita la técnica de imagenología del cerebro la identificación de aspectos específicos, antes "escondidos" de las personas, más se necesitará conocer cómo debería ser usado esto en educación.

El uso de productos que afectan al cerebro: El límite entre el uso médico y el no médico no está siempre claro y surgen cuestiones, especialmente acerca de personas sanas que consumen sustancias que afectan al cerebro. ¿Deberían los padres, por ejemplo, tener el derecho de dar a sus niños sustancias que estimularan su rendimiento escolar con los riesgos inherentes y paralelos al dopaje en el deporte?

El cerebro encuentra la máquina: Constantemente se están logrando avances en la combinación de órganos vivos con la tecnología. Las ventajas de tales desarrollos son obvias para aquellos que tienen discapacidades, quienes de esta manera son capacitados, por así decir, para controlar las máquinas desde la distancia. Que la misma tecnología pudiera ser aplicada para controlar el comportamiento de las personas hace surgir preocupaciones profundas.

¿Un enfoque revestido científicamente para la educación? Las neurociencias pueden dar una información importante para la educación, pero si, digamos, se fuera a identificar a los profesores al verificar su impacto sobre el cerebro de los estudiantes, éste sería un escenario enteramente diferente. Es uno donde se corre el riesgo de crear un sistema educacional excesivamente científico y altamente conformista.

Aunque la neurociencia educacional está aún en sus primeros días, se desarrollará estratégicamente si es transdisciplinaria, sirviendo a las comunidades científicas y educacionales, con alcance internacional. Crear un léxico común es un paso crítico; otro es establecer una metodología compartida. Debiera establecerse una relación recíproca entre la práctica educacional y la investigación acerca del aprendizaje, la cual es análoga a la relación entre la medicina y la biología, cocreando y manteniendo un flujo continuo, bidireccional que apoye la práctica educacional informada.

Un número de instituciones, redes e iniciativas ya se han establecido para mostrar este camino. En este informe hay varios ejemplos en viñetas descriptivas. Ellas incluyen al JST-RISTEX; la Unidad de Investigación de Ciencia y Tecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología para la Sociedad de Japón; el Centro de Neurociencia y Aprendizaje, Ulm, Alemania; el Laboratorio de Aprendizaje, Dinamarca; el Centro de Neurociencia en Educación: Universidad de Cambridge, Reino Unido; y "Mente, Cerebro y Educación", de la Escuela de Postgraduados de Educación, Harvard, Estados Unidos.

Mensajes clave y temas para el futuro

La neurociencia educacional está generando un valioso nuevo conocimiento para informar sobre las políticas y prácticas educacionales: En muchas cuestiones, la neurociencia construye a partir de las conclusiones del conocimiento existente y la observación diaria, pero su contribución importante reside en capacitar el movimiento desde la correlación a la causalidad –comprender los mecanismos que están detrás de los patrones familiares– para ayudar a identificar las soluciones eficaces. En otros temas, la neurociencia está generando nuevo conocimiento y, por lo tanto, abre nuevas vías.

Las investigaciones acerca del cerebro proveen una evidencia neurocientífica importante para apoyar los fines generales del aprendizaje continuo: lejos de apoyar las nociones "edadistas" [*ageist*]* de que la educación es la provincia exclusiva de los jóvenes –no obstante la potente capacidad de aprendizaje de éstos– la neurociencia confirma que el aprendizaje es una actividad continua y que, mientras continúe por más tiempo, más efectivo es.

La neurociencia fortifica el apoyo a los beneficios generales de la educación, especialmente para las poblaciones en envejecimiento: La neurociencia provee poderosos argumentos adicionales sobre los "beneficios generales" de la educación (más allá de los simplemente económicos, que valen tanto para los gestores de políticas) como son la identificación de intervenciones en el aprendizaje como una parte valiosa de la estrategia

* N. del T. *Edadista*: discriminación relacionada con la edad, en el sentido de fijar períodos específicos en los cuales se pueden hacer o no ciertas cosas.

para enfrentar los enormes y costosos problemas de la demencia senil en nuestras sociedades.

La necesidad de enfoques holísticos basados en la interdependencia de cuerpo y mente, lo emocional y lo cognitivo: Lejos de focalizarse en el cerebro, reforzando exclusivamente un sesgo cognitivo dirigido por el desempeño, surge la necesidad de enfoques holísticos que reconozcan la estrecha interdependencia del bienestar físico e intelectual y la estrecha interrelación entre lo emocional y lo cognitivo, lo analítico y las artes creativas.

Comprendiendo la adolescencia –alta potencia, deficiente conducción–: Las ideas acerca de la adolescencia son especialmente importantes, ya que es en este período cuando suceden acontecimientos, en la carrera educacional de una persona, que tienen consecuencias duraderas. En ese tiempo los jóvenes han desarrollado bien su capacidad cognitiva (alta potencia), pero tienen inmadurez emocional (deficiente conducción).

Esto no puede implicar que se debieran demorar opciones importantes hasta la edad adulta, pero sugiere que estas opciones no debieran cerrar puertas definitivamente.

Una mejor información para el currículo, las fases y los niveles de la educación a partir de ideas neurocientíficas: El mensaje es atenuado: no hay "períodos críticos" cuando debe ocurrir el aprendizaje, pero hay "períodos sensibles" cuando la persona está especialmente apta para involucrarse en actividades de aprendizaje específicas (el aprendizaje del idioma es analizado en detalle). El mensaje del informe de la necesidad de una base fuerte y temprana para los aprendizajes continuos refuerza el rol clave de la educación infantil temprana y de la escolarización básica.

Asegurar la contribución de la neurociencia a los principales desafíos del aprendizaje, incluyendo las tres "Ds": dislexia, discalculia y demencia. Sobre la dislexia, por ejemplo, sus causas se desconocían hasta hace poco. Ahora se sabe que resultan primariamente de características atípicas de la corteza auditiva (y posiblemente, en algunos casos, de la corteza visual) y es posible identificar estas características a una edad muy temprana.

Más evaluaciones personalizadas para mejorar el aprendizaje, no seleccionar y excluir: Las técnicas de neuroimagenología ofrecen potencialmen-

te un poderoso mecanismo adicional con el cual identificar características de aprendizaje de la persona, para basar la personalización; pero, al mismo tiempo, esta herramienta puede conducir a instrumentos más poderosos para la selección y exclusión que los que están actualmente disponibles.

Las áreas clave son identificadas como prioridades para las investigaciones neurocientíficas educacionales futuras; no como una agenda exhaustiva sino como derivaciones directas del informe. Esta agenda para la investigación futura –que abarque una mejor comprensión de materias, así como el momento oportuno [*timing*] óptimo para diferentes formas de aprendizaje, el desarrollo y la regulación emocional, acerca de cómo moldean el aprendizaje los materiales y ambientes específicos, y el análisis continuado del lenguaje y las matemáticas en el cerebro– debería, si se realiza, estar avanzando en el nacimiento de una ciencia del aprendizaje transdisciplinaria.

Ésta es la aspiración que concluye este informe y la que le da su título. También lo es que sea posible dominar el conocimiento que está surgiendo acerca del aprendizaje, para crear un sistema educacional que sea al mismo tiempo personalizado y relevante universalmente.

PARTE I
El cerebro que aprende

Introducción

Nicht das Gehirn denkt, sondern wir denken das Gehirn.
(El cerebro no piensa, *nosotros* pensamos el cerebro.)
Friedrich Nietzsche

¿Puede la neurociencia[1] mejorar realmente la educación? Este informe sugiere una respuesta compleja, pero sin embargo definitiva: "sí, pero…". Las circunstancias han convergido ahora para indicar que existe un surgimiento global de una neurociencia educacional. Los avances recientes en el campo de la neurociencia han aumentado significativamente su relevancia para la educación. Las tecnologías de imagenología permiten la observación del cerebro en funcionamiento, lo que ha significado una comprensión de las funciones perceptuales, cognitivas y emocionales, que tienen consecuencias para la educación. Esta tendencia hacia una mayor aplicabilidad de la neurociencia a la educación es paralela a una sociedad cada vez más receptiva. Este informe resume el estado del arte en la investigación respecto a la intersección de la neurociencia con el aprendizaje, y destaca estudios y consideraciones de políticas para la próxima década. Los descubrimientos de la investigación científica pueden ayudar a todos los actores involucrados en educación –incluyendo a los alumnos, padres, profesores y gestores de políticas– a comprender mejor el proceso del aprendizaje y a estructurar ambientes que lo nutran. Esta comprensión puede ayudar a los sistemas de educación a avanzar hacia decisiones de políticas basadas en la evidencia, informar a los padres acerca de cómo crear ambientes de aprendizaje sólido para sus niños, y a los alumnos a desarrollar sus competencias.

[1] El término *neurociencia* (que algunas veces aparece en su forma plural "neurociencias") se usa en esta obra para abarcar todos los campos que se cruzan, incluyendo la neurobiología, neurociencia cognitiva, neurociencia del comportamiento, psicología cognitiva, etcétera.

No sostenemos de ninguna manera que la neurociencia es la panacea –y que comenzará una revolución en educación, sobre todo no inmediatamente–. Los líderes del proyecto han advertido una y otra vez que la "neurociencia por sí misma es poco probable que resuelva todos, si es que alguno de los temas educacionales". Las respuestas a muchas de las interrogantes educacionales pueden encontrarse en otra parte, ya sea dentro de la educación misma o en otras disciplinas referentes a las ciencias sociales, o sin duda, en la filosofía. Sin embargo, hay ciertas preguntas para las cuales la neurociencia es especialmente adecuada y ya está haciendo una importante contribución a la educación, al entregar nuevas perspectivas en desafíos existentes por largo tiempo, plantear nuevos temas, confirmar o disipar viejas aseveraciones o reafirmar prácticas existentes. Este informe muestra que se requiere un enfoque transdisciplinario genuino, con aportes de muchas disciplinas, para responder al creciente número de preguntas complejas que enfrentan nuestras sociedades.[2]

La neurociencia está comenzando a entregar un informe detallado de cómo responden los seres humanos –o sus cerebros humanos– a diferentes experiencias de aprendizaje y ambientes de aula y sobre *por qué* reaccionan de la forma en que lo hacen. Esta comprensión es importante para la educación porque gran parte de la política educacional y de la práctica están basadas solamente en información limitada. En el mejor de los casos, la investigación cualitativa y cuantitativa ha sustentado ciertas políticas y prácticas educacionales, al examinar variedad de prácticas de aprendizaje, ambientes y resultados. Si bien nosotros tenemos una base de conocimiento sólido, de los modos de aprendizaje asociados al éxito o al fracaso, nos faltan explicaciones detalladas de estos resultados y acerca de los procesos subyacentes del aprendizaje, que todavía quedan en una caja negra.

Cuando los padres, los profesores y los gestores de políticas, por ejemplo, tratan de identificar el momento oportuno para enseñar una lengua extranjera a los niños, una "decisión informada" bien podría estar basada en una comparación de la experiencia y el desempeño de los

2 El Secretariado de la OCDE desea disociarse claramente de cualquier interpretación en este libro que, basada en las diferencias individuales en el cerebro y en los diferentes estilos de aprendizaje, tratara de vincular ciertos genes al C.I. y, por lo tanto, tener una connotación racista hacia cualquier grupo o grupos de personas dentro de la comunidad humana. Tales interpretaciones debieran ser condenadas.

estudiantes que comenzaron el aprendizaje de una lengua extranjera a diferentes edades. Esto podría llevar a la conclusión de que la enseñanza de una lengua extranjera desde una edad determinada produce mejores resultados. Aunque esta información podría ser útil por sí, no confirma que el *momento oportuno* de enseñar una lengua extranjera es lo que importa realmente para el resultado exitoso, ni tampoco muestra *cómo* el aprendizaje de dicha lengua puede ser más efectivo a esa edad.

Los lectores encontrarán en este informe un número de afirmaciones que son, ya sea tentativas (basadas en evidencias limitadas), reafirmaciones de principios convencionales (por ejemplo las "sabidurías" de décadas y hasta siglos de práctica e investigación en educación[3]) o incluso que carecen de consenso dentro de las comunidades científicas (pero no entraremos en controversias científicas, que irían más allá del alcance de este trabajo). Sin embargo, las conclusiones tentativas son reflexiones honestas del estado del arte de la investigación en esta área, y sirven el utilísimo propósito de identificar líneas de investigación para el futuro. Suplementar lo que es ya conocido con evidencia científica puede ser útil cuando fortalece el apoyo de las prácticas que han carecido previamente de un fundamento racional. La neurociencia puede también revelar que ciertas prácticas existentes no se justifican en cuanto al modo en que aprende el cerebro. Algunos debates sostenidos por largo tiempo dentro de la educación bien podrían quedar obsoletos. Sin embargo, las prácticas serán enriquecidas por los nuevos elementos que la neurociencia trae a la luz. Por todas estas razones, la aparición de la evidencia científica reforzará sin duda las políticas educacionales y las prácticas.

Este libro fue diseñado y escrito de modo que los lectores pueden focalizarse en uno o dos capítulos solamente, dependiendo de sus intereses. Por eso, esperamos que cada capítulo pueda ser leído independientemente. El precio a pagar por esta flexibilidad fue obviamente el aceptar que algunas cosas se repitieran en varias partes. Nada es perfecto. Gracias por su comprensión.

[3] El lector puede darse cuenta de que este informe no presenta una comparación exhaustiva, enciclopédica, de los hallazgos científicos y de las diferentes teorías del aprendizaje. El conocimiento existente no permite aún establecer vínculos sistemáticos entre estos dos, lo que pronto podría iniciarse. Sin embargo, en aquellos casos en que se han establecido dichos vínculos, nos referimos a ellos sin pretender una elaboración detallada.

CAPÍTULO 1
Un "ABC" del cerebro

El único bien es el conocimiento
y el único demonio la ignorancia.
Sócrates

No saber es malo. No querer saber es peor.
Proverbio africano

El Capítulo 1 proporciona el "ABC" de los contenidos de este informe, listando en orden alfabético las palabras clave y los conceptos tratados en los capítulos que siguen a continuación. Comienza con la* **A***dquisición del conocimiento y el* **C***erebro, y recorre la* **V***ariabilidad, el* **T***rabajo y* **XYZ***. El lector puede elegir un tema de su interés. Su descripción correspondiente provee una cobertura más profunda del tema. Este capítulo es relevante para todos aquellos interesados en el tema de "las ciencias del aprendizaje y la investigación del cerebro", incluyendo a estudiantes, padres, profesores, investigadores y formuladores de políticas.*

La adquisición del conocimiento

El enfoque neurocientífico del aprendizaje proporciona un sólido marco teórico con base científica para las prácticas educacionales. Este campo de estudio que emerge velozmente está construyendo lentamente, pero de forma segura, los fundamentos de una "Ciencia del aprendizaje".

Un ser vivo está construido por varios niveles de organización. El resultado es que un solo proceso humano puede ser definido de forma diferente dependiendo del nivel de referencia empleado. Esto es válido para el proceso de aprendizaje, cuya definición varía dependiendo de la perspectiva de la persona que lo describe.

Las diferencias que hay entre las definiciones celulares y del comportamiento reflejan la existencia de perspectivas contrastantes entre las neurociencias y las ciencias educacionales. Los neurocientíficos consideran

* N. del T. Como se dijo anteriormente, en castellano no es posible mantener el orden alfabético del inglés.

el aprendizaje como un proceso cerebral donde el cerebro responde a un estímulo, involucrando la percepción y el procesamiento e integración de la información. Los educadores consideran esto como un proceso activo conducente a la adquisición de conocimiento, lo que a su vez implica cambios específicos, perdurables y medibles en el comportamiento.

El cerebro

Aunque juega un rol fundamental, el cerebro solamente es una parte del organismo. Un individuo no puede ser reducido únicamente a este órgano; el cerebro está en constante interacción con otras partes del cuerpo humano.

El cerebro es el "centro" de nuestras facultades mentales. Asume funciones vitales al influir sobre el pulso del corazón, la temperatura del cuerpo, la respiración, etcétera, al mismo tiempo que desempeña funciones llamadas "superiores", como el lenguaje, el razonamiento y la conciencia.

Este órgano incluye dos hemisferios (derecho e izquierdo), cada uno de los cuales se divide además en lóbulos (occipital, parietal, temporal y frontal), que están descritos con mayor detalle en el Capítulo 2.

Los principales componentes del tejido cerebral son las células gliales y las células nerviosas (neuronas). La célula nerviosa es considerada como la unidad básica de funcionamiento del cerebro debido a su extensa interconectividad y porque se especializa en la comunicación. Las neuronas están organizadas en redes funcionales que están ubicadas en partes específicas del cerebro.

Las funciones cognitivas

Las funciones cognitivas se han estudiado en varios niveles y se benefician de un valioso esfuerzo de investigación multidisciplinario. Por lo tanto, las neurociencias, la neurociencia cognitiva y la psicología cognitiva buscan comprender estos procesos de manera complementaria.

La cognición se define como el conjunto de procesos que permiten el procesamiento de la información y el desarrollo del conocimiento. Estos

procesos se denominan "funciones cognitivas". Entre éstas, las funciones cognitivas más elevadas corresponden a los procesos más elaborados del cerebro humano. Ellas son el producto de la fase más reciente de la evolución del cerebro y están localizadas principalmente en la corteza, la cual es una estructura altamente desarrollada en los seres humanos (ver el Capítulo 2).

Algunos ejemplos de estas funciones son ciertos aspectos de la percepción, la memoria y el aprendizaje, pero también el lenguaje, el razonamiento, la planificación y la toma de decisiones.

El desarrollo

El cerebro está cambiando continuamente, se desarrolla a lo largo de la vida. Este desarrollo es guiado al mismo tiempo por la biología y la experiencia (ver el Capítulo 2). Las tendencias genéticas interactúan con la experiencia para determinar la estructura y la función del cerebro en cierto punto en el tiempo. Debido a esta continua interacción, cada cerebro es único.

Aunque hay un amplio rango de diferencias individuales en el desarrollo del cerebro, éste tiene características relacionadas con la edad, que pueden tener importantes consecuencias para el aprendizaje. Los científicos están empezando a diagramar [*map out*] estos cambios debidos a la madurez y a comprender cómo interactúan la biología y la experiencia para guiar el desarrollo.

La comprensión del desarrollo desde una perspectiva científica podría impactar profundamente la práctica educacional. En la medida que los científicos descubren cambios en el cerebro, relacionados con la edad, los educadores podrán usar esta información para diseñar una didáctica que sea más apropiada a la edad y más efectiva.

Las emociones

Los componentes emocionales han sido descuidados por mucho tiempo en la institución educacional. Las recientes contribuciones de los neurocientíficos están ayudando a remediar esta deficiencia al revelar la dimensión emocional del aprendizaje (ver el Capítulo 3).

En oposición al “afecto”, que es su interpretación consciente, las emociones surgen de los procesos cerebrales y son necesarias para la adaptación y regulación del comportamiento humano.

Las emociones son reacciones complejas, generalmente descritas en términos de tres componentes: un estado mental particular, un cambio fisiológico y un impulso a actuar. Por lo tanto, enfrentadas a una situación percibida como peligrosa, las reacciones engendradas consistirán simultáneamente en una activación cerebral específica del circuito encargado del temor, en reacciones del cuerpo típicas del temor, (p.ej. pulso acelerado, palidez y transpiración) y la acción de enfrentamiento o escape.

Cada emoción corresponde a un sistema funcional distinto y posee su propio circuito cerebral, que involucra estructuras que nosotros llamamos “sistema límbico” (también conocido como el “centro de las emociones”), así como también estructuras corticales, principalmente en la corteza prefrontal, la cual juega un rol importante en la regulación de las emociones. Incidentalmente, la corteza prefrontal madura particularmente tarde en los seres humanos, concluyendo su desarrollo en la tercera década del desarrollo de un individuo. Esto significa que la adolescencia cerebral dura más de lo que hasta ahora se pensaba, lo que contribuye a explicar ciertas características del comportamiento: el desarrollo pleno de la corteza prefrontal y, por lo tanto, de la regulación de las emociones y la compensación de los excesos potenciales del sistema límbico, ocurren relativamente tarde en el desarrollo de un individuo.

Los continuos intercambios tornan imposible separar los componentes fisiológicos, emocionales y cognitivos de un comportamiento en particular. La solidez de esta interconectividad explica el impacto sustancial de las emociones sobre el aprendizaje. Si se asocia una emoción percibida como positiva con el aprendizaje, ésta facilitará el éxito, mientras que una emoción percibida como negativa traerá el fracaso como resultado.

La funcionalidad, base neuronal del aprendizaje

La definición neurocientífica del aprendizaje vincula este proceso a un sustrato biológico o una superficie biológica. Desde este punto de vista, el aprendizaje es el resultado de la integración de toda la información

percibida y procesada. Esta integración asume la forma de modificaciones estructurales dentro del cerebro. De hecho, ocurren cambios microscópicos que permiten que la información procesada deje una "huella" física de su pasaje.

Hoy en día es útil, incluso esencial, tanto para los educadores como para cualquier persona interesada en la educación, lograr una comprensión de la base científica de los procesos del aprendizaje.

La genética

A menudo persiste la creencia de que existe una simple relación de causa y efecto entre la genética y el comportamiento. Imaginar una relación lineal entre los factores genéticos y el comportamiento estaría a sólo un paso de un determinismo absoluto. Un gen no activa el comportamiento sino que consiste en una secuencia de ADN que contiene la información relevante para la producción de una proteína. La expresión del gen varía a partir de numerosos factores, especialmente ambientales. Una vez que una proteína se ha sintetizado en la célula, ocupa una ubicación específica y juega un papel en el funcionamiento de esta célula. En este sentido, es verdad que si los genes influyen en la función consecuentemente moldean el comportamiento. Sin embargo, ésta es una relación compleja y no lineal en la cual se influyen mutuamente los diferentes niveles de organización.

En la medida en que la investigación avanza, de forma lenta pero segura, va desapareciendo la creencia en una frontera entre lo innato y lo adquirido, y se da lugar a la comprensión de la interdependencia entre los factores genéticos y ambientales en el desarrollo del cerebro.

Predecir el comportamiento con base en la genética sería incompleto: cualquier enfoque basado exclusivamente en la genética no carece solamente de fundamento científico sino que también es éticamente cuestionable y políticamente peligroso.

Aprendizaje activo y holístico – aprender haciendo

Escucho y olvido,
veo y recuerdo,
hago y entiendo.
Confucio

Olvidada hace mucho tiempo por los educadores, esta cita recobró importancia en el siglo XX con el advenimiento del constructivismo. Contraria a las teorías enfocadas en los educadores expertos que transmiten conocimiento, esta corriente ofreció un nuevo concepto del aprendizaje: la construcción del conocimiento. El aprendizaje se centra en el aprendiz y se fundamenta en el desarrollo del conocimiento previo, basado en la experiencia, los deseos y las necesidades de cada individuo.

Por lo tanto, este cambio teórico ha dado surgimiento a las llamadas prácticas activas o experimentales de "aprendizaje-mediante-la-acción". El objetivo es el de involucrar activamente a los aprendices (educandos) en la interacción con su ambiente humano y material, y se fundamenta en la idea de que este proceso conducirá a una integración de la información más profunda que la percepción. La acción necesariamente implica la operacionalización –la implementación de los conceptos–. El aprendiz (educando) no sólo necesita adquirir conocimientos y habilidades, sino que también debe ser capaz de hacerlos operacionales en aplicaciones reales. Por lo tanto, el aprendiz (educando) se torna "activo" e implica un mejor nivel de aprendizaje.

No todos los descubrimientos neurocientíficos dan lugar al surgimiento de innovaciones didácticas. Sin embargo, proporcionan una sólida base teórica para las buenas prácticas que se han consolidado por medio de la experiencia. Estas percepciones científicas sirven luego para reforzar el cuerpo de conocimiento intuitivo y empírico ya acumulado y para explicar por qué algunas prácticas fracasan y otras tienen éxito.

La inteligencia

El concepto de inteligencia siempre ha sido objeto de controversia. ¿Puede un solo concepto dar cuenta de todas las facultades intelectuales de un individuo? ¿Pueden estas facultades ser separadas y medidas? Y en particular, ¿qué muestran y predicen acerca del funcionamiento cerebral de un individuo y acerca del comportamiento social?

La noción de inteligencia evoca "destrezas (habilidades)",* ya sean habilidades verbales, habilidades espaciales, habilidades para la resolución de problemas o la habilidad muy elaborada de enfrentarse con la complejidad. Sin embargo, todos estos aspectos descuidan el concepto de "potencial". Incluso la investigación neurocientífica sobre las funciones del aprendizaje y cognitivas muestra claramente que estos procesos sufren una evolución constante y que son dependientes de sinnúmero de factores, particularmente ambientales y emocionales. Esto significa que un ambiente estimulante debería ofrecer a cada individuo la posibilidad de cultivar y desarrollar sus habilidades.

Desde este punto de vista, casi todos los intentos por cuantificar la inteligencia por medio de pruebas (tales como mediciones del CI u otras) son demasiado estáticos y están referidos a facultades estandarizadas y culturalmente (y en ocasiones aun ideológicamente) prejuiciadas.

Basada en suposiciones a priori*, las pruebas de inteligencia son restrictivas y por lo tanto problemáticas. Basados en este "cálculo de la inteligencia" o la discutible clasificación de las personas en diferentes niveles de inteligencia, ¿qué debiera deducirse para las prácticas o incluso para las opciones relacionadas con la orientación hacia una carrera?*

El gozo de aprender

Dímelo y lo olvidaré;
enséñame y lo recordaré;
involúcrame y lo aprenderé.
Benjamín Franklin

Esta máxima restaura el rol participativo como una condición esencial del aprendizaje significativo. La participación puede resumirse como el compromiso de un individuo dentro de una acción dada. En este sentido, es el resultado directo del proceso de motivación del individuo para comportarse de cierta manera o perseguir una meta en particular. Este proceso puede ser disparado por factores internos o externos. Es por esto que hablamos de motivación intrínseca, que depende solamente

* N. del T. En inglés el término *skill* se traduce habitualmente por "destreza", aunque permite la acepción de "habilidad", de modo que se usarán indistintamente en esta traducción.

de las necesidades y los deseos propios del aprendiz, o de motivación extrínseca, que toma en cuenta las influencias externas al individuo. La motivación está condicionada en gran medida por la confianza en sí mismo, la autoestima y por los beneficios que el individuo pueda acumular en términos de un comportamiento o una meta anhelada.

La combinación de la motivación y de la autoestima es esencial para un aprendizaje exitoso. A fin de darles a estos factores el lugar correcto que les corresponde dentro de las estructuras del aprendizaje, el sistema de tutorías ha estado ganando terreno. Le ofrece al aprendiz un soporte personalizado y se adapta mejor a sus necesidades. Un clima más personal para aprender sirve para motivar a los estudiantes, pero no debe desatender el rol crucial de las interacciones sociales en todas las formas de aprendizaje. La personalización no debería significar el aislamiento de los estudiantes.

La motivación juega un rol fundamental en el éxito del aprendizaje; especialmente la motivación intrínseca. El individuo aprende con mayor facilidad si lo hace por sí mismo, con el deseo de comprender.

Aunque en la actualidad es difícil construir enfoques educacionales que puedan ir más allá de los sistemas "de premio y castigo" y apuntar a esta motivación intrínseca, los beneficios de este enfoque son tales que es de capital importancia que la investigación oriente sus esfuerzos hacia este dominio.

Kafka

Al describir los futiles esfuerzos del protagonista en pos del logro de sus objetivos, en El Castillo ("*Hay una meta, pero no hay camino*"; "Es gibt zwar ein Ziel, aber keinen Weg sum Ziel"), *Kafka retrata el sentimiento de desesperación que un individuo puede sentir al enfrentarse una máquina burocrática ciega y sorda. Como reminiscencia de esta obra, el cuento* K *de Dino Buzzati es una tragedia del malentendido, y enfatiza lo triste, pero también lo peligroso que puede ser entender ciertas realidades demasiado tarde…*

La resistencia a incorporar los descubrimientos neurocientíficos a políticas y prácticas educacionales es suficiente como para descorazonar aún a sus más fervientes defensores. Las razones pueden ser variadas: desde

la simple incomprensión, la inercia mental y el rechazo categórico a reconsiderar ciertas "verdades", hasta los reflejos corporativos en defensa de posiciones adquiridas, incluyendo la burocracia recalcitrante. Son numerosos los obstáculos a cualquier esfuerzo transdisciplinario para crear un nuevo campo, o, aún más modestamente, para dar nuevas luces a los temas educativos. Esto plantea un problema delicado de "gestión del conocimiento". Aunque cierto escepticismo constructivo no hace daño, cada proyecto innovador se encuentra en la posición de "K", en algún punto u otro, al intentar alcanzar el Castillo. A pesar de dichas dificultades, existe una vía; citando a Lao Tzu: "La travesía es el destino".

Aún más, la neurociencia genera (en forma no intencional) una plétora de "neuromitos" fundados en malentendidos, interpretaciones erróneas o incluso en distorsiones de resultados de investigación. Estos neuromitos, que se atrincheran en las mentes del público gracias a los medios, requieren ser identificados y disipados, ya que evidencian muchas preguntas éticas que en las sociedades democráticas necesitan abordarse mediante el debate político.

Podemos preguntar si es aceptable (al menos a mediano plazo), en cualquier reflexión sobre la educación, no tomar en consideración lo que se sabe acerca del cerebro que aprende. ¿Es ético ignorar un campo de investigación relevante y original, que se encuentra dando nuevas luces y una comprensión fundamental de la educación?

El lenguaje

El lenguaje es una función cognitiva específicamente humana, que también está dedicada a la comunicación. Contempla el uso de un sistema de símbolos. Cuando un número finito de símbolos arbitrarios y un conjunto de principios semánticos se combinan de acuerdo con normas de sintaxis, es posible generar un número infinito de declaraciones. El sistema resultante es un idioma. Los diferentes idiomas usan fonemas, grafemas, gestos y otros símbolos para representar objetos, conceptos, emociones, ideas y pensamientos.

La expresión real del lenguaje es una función que relaciona por lo menos a un orador con un oyente, y ambos pueden ser intercambiables. Esto significa que el lenguaje se puede separar en una dirección (percepción

o producción) y también en un modo de expresión (oral o escrito). El lenguaje oral se adquiere naturalmente durante la infancia, por la simple exposición al lenguaje hablado. Por otra parte, el lenguaje escrito requiere de una instrucción intencional (ver Capítulo 4).

El lenguaje fue una de las primeras funciones cuya base cerebral fue demostrada. En el siglo XIX, los estudios sobre la afasia realizados por dos científicos (Broca y Wernicke), revelaron que ciertas áreas del cerebro estaban involucradas en el procesamiento del lenguaje. Desde entonces, estudios posteriores han confirmado que estas áreas pertenecen a los circuitos cerebrales involucrados en el lenguaje (ver Capítulo 4).

La acumulación de un amplio cuerpo de conocimiento neurocientífico fue posible debido al preponderante interés de la neurociencia en esta función. La comprensión de los mecanismos del lenguaje y cómo se aprenden ya ha tenido un importante impacto sobre las políticas educacionales.

La memoria

Durante el proceso del aprendizaje quedan huellas que dejan el procesamiento y la integración de la información percibida. Así es como se activa la memoria. Ésta es un proceso cognitivo que permite recordar las experiencias pasadas, tanto en términos de la adquisición de información nueva (fase de desarrollo de la huella) como de recordar información (fase de reactivación de esta huella). Mientras más se reactiva una huella, más "marcada" será la memoria. En otras palabras, será menos vulnerable y menos probable que se olvide.

La memoria se construye sobre el aprendizaje y los beneficios del aprendizaje persisten gracias a ella. Ambos procesos tienen una relación tan profunda que la memoria está sometida a los mismos factores que influyen sobre el aprendizaje. Ésta es la razón por la cual la memorización de un evento o de información puede ser perfeccionada a partir de un estado emocional fuerte, un contexto especial, una motivación acrecentada o una atención aumentada.

Muy a menudo aprender una lección significa recitarla. El entrenamiento y la evaluación normalmente se basan en la recuperación y por lo tanto en la memorización de la información, a menudo en detrimento del dominio

de las habilidades e incluso de la comprensión del contenido. ¿Se justifica en el aprendizaje este rol otorgado a las destrezas memorísticas? Ésta es una pregunta central en el campo de la educación y está empezando a atraer la atención de los neurocientíficos.

La neurona

Organizadas en redes extensamente interconectadas, las neuronas tienen propiedades eléctricas y químicas que les permiten propagar los impulsos nerviosos (ver el Capítulo 2, especialmente la Figura 2.1.). Un potencial eléctrico se propaga dentro de una célula nerviosa y un proceso químico transmite información desde una célula a otra. Consecuentemente, estas células nerviosas se especializan en la comunicación.

La propagación eléctrica dentro de la célula es unidireccional. Las señales de entrada son recibidas por las dendritas de la neurona o por el cuerpo de la célula. En respuesta a estas señales de entrada, la neurona genera potenciales de acción. La frecuencia de estos potenciales varía de acuerdo con estas señales de entrada. Por lo tanto, los potenciales de acción se propagan a través del axón.

Una zona llamada *sinapsis* sirve como empalme entre dos neuronas. La sinapsis consiste de tres componentes: el terminal del axón, la brecha sináptica y la dendrita de la neurona post sináptica. Cuando los potenciales de acción llegan a la sinapsis, se emite una sustancia química llamada *neurotransmisor*, el cual cruza la brecha sináptica. Esta actividad química es regulada por el tipo y la cantidad de neurotransmisores, pero también por el número de receptores involucrados. La cantidad de neurotransmisores emitidos y el número de receptores involucrados son receptivos a la experiencia, lo cual es la base de la plasticidad (ver a continuación). El efecto sobre las neuronas post sinápticas puede ser excitador o inhibidor.

Por lo tanto, esta combinación de actividad eléctrica y química de las neuronas transmite y regula información dentro de las redes formadas por neuronas.

A fin de mejorar la comprensión de la actividad cerebral, se emplean varias tecnologías de imagenología funcional (IRMf, EGM, TEP, TO,

etcétera) (ver el Anexo B) para visualizar y estudiar la actividad de los cambios en el flujo sanguíneo inducidos por las actividades neuronales.

Los estudios que localizan las redes cerebrales abren una puerta importante para nuestra comprensión de los mecanismos del aprendizaje. Mientras mejor es la resolución temporal y espacial, más precisa es la localización y, consecuentemente, mejor nuestra comprensión de la función cerebral.

Las ventanas de oportunidad para el aprendizaje

Ciertos períodos en el desarrollo del individuo están adecuados en particular para el aprendizaje de ciertas destrezas. Durante estos momentos claves, el cerebro necesita ciertos tipos de estimulación a fin de establecer y mantener el desarrollo a largo plazo de las estructuras involucradas. Éstas son las etapas en las cuales la experiencia del individuo se convierte en un factor preponderante, responsable de profundos cambios.

Estos períodos son llamados "períodos sensibles" o "ventanas de oportunidad", porque son los momentos óptimos para que los individuos aprendan habilidades específicas. Son parte del desarrollo natural, pero se necesita la experiencia para que un cambio (aprendizaje) sea efectivo. Este proceso puede ser descrito como aprendizaje "expectante de la experiencia", tal como el lenguaje oral (ver el Capítulo 4). No es lo mismo que el aprendizaje "dependiente de la experiencia", tal como el lenguaje escrito, que puede tener lugar en cualquier momento de la vida del individuo.

Si el aprendizaje no tiene lugar en estas "ventanas de oportunidad", no significa que no pueda ocurrir; tiene lugar a lo largo de toda la vida, aunque fuera de estos períodos de oportunidad toma mayor tiempo y recursos cognitivos, y a menudo no será tan efectivo.

Una mejor comprensión de los períodos sensibles y del aprendizaje que ocurre durante éstos es crucial para la investigación hacia el futuro. Un mapa que se completa cada vez más habrá de permitirnos calzar de mejor forma la instrucción al período sensible apropiado en los programas educacionales, con un correspondiente impacto positivo en la efectividad del aprendizaje.

La plasticidad

El cerebro tiene la capacidad de aprender debido a su flexibilidad (ver Capítulo 2). Cambia en respuesta al estímulo del ambiente. Esta flexibilidad reside en una de las propiedades intrínsecas del cerebro: su plasticidad. El mecanismo opera de varias maneras, a nivel de las conexiones sinápticas (Figura 2.1.). Algunas sinapsis pueden ser generadas (sinaptogénesis), otras eliminadas (podadas), y su efectividad puede moldearse sobre la base de la información procesada e integrada por el cerebro.

Las "huellas" dejadas por el aprendizaje y la memorización son el fruto de estas modificaciones. Como consecuencia, la plasticidad es una condición necesaria para el aprendizaje y una propiedad inherente al cerebro; está presente a lo largo de toda la vida.

El concepto de plasticidad y sus implicaciones son características vitales del cerebro. Todos los educadores y formuladores de políticas de aprendizaje habrán de ganar a partir de la comprensión del porqué es posible aprender a lo largo de toda la vida. De hecho, la plasticidad del cerebro proporciona un poderoso argumento neurocientífico para el "aprendizaje a lo largo de la vida". ¿No sería la escuela primaria un buen lugar para empezar a enseñar a los alumnos cómo y por qué son capaces de aprender?

La existencia con calidad y la vida saludable

Tal como cualquier otro órgano del cuerpo humano, el cerebro funciona mejor con una vida sana. Los estudios recientes han observado el impacto de la nutrición y de la actividad física sobre las facultades cerebrales, y en particular sobre el aprendizaje. Los resultados demuestran que una dieta equilibrada contribuye al desarrollo y al funcionamiento del cerebro, mientras que también evita algunos problemas del comportamiento y del aprendizaje (ver el Capítulo 3). Respecto de lo mismo, la actividad física regular tiene un efecto positivo en el funcionamiento de la cognición humana, modificando la actividad en ciertas regiones del cerebro.

El sueño también es un factor determinante en el desarrollo y la función del cerebro (capítulos 3 y 6). Cualquiera que haya padecido privación de sueño sabe que las funciones cognitivas son las primeras en sufrir. Es durante el sueño que algunos procesos involucrados en la plasticidad y

en la consolidación del conocimiento tienen lugar, procesos que consecuentemente juegan un rol central en la memorización y el aprendizaje.

Los factores ambientales (ruido, ventilación, etc.) y los factores psicológicos (dieta, ejercicio, sueño, etc.) influyen sobre el aprendizaje. En el corto plazo, los avances en esta área deberían conducir a aplicaciones concretas en términos de prácticas escolares y relacionadas con lo educacional.

Las representaciones

Los seres humanos perciben, procesan e integran información constantemente; es decir: aprenden. Los individuos tienen sus propias representaciones, que gradualmente se construyen sobre la base de su experiencia. Este sistema organizado traduce el mundo exterior a una percepción individual. El sistema de representación de un individuo gobierna sus procesos de pensamiento.

Desde la caverna de Platón, la filosofía ha ponderado la cuestión de las representaciones. Evidentemente, el objetivo aquí no es el de dar repuesta a las preguntas eternas de la humanidad, aunque no es imposible que algún día nuestro conocimiento del funcionamiento del cerebro sea tal que haga llegar nuevos elementos a estos debates filosóficos eternos.

Las destrezas o habilidades

El término “destrezas” se emplea frecuentemente en el inglés cuando se discuten el comportamiento y el aprendizaje. Un comportamiento dado puede ser desmembrado en destrezas, entendidas como las “unidades naturales” del comportamiento.

Por ejemplo, el lenguaje puede ser desmembrado en cuatro “metahabilidades”, de acuerdo con la transmisión o recepción y los medios de comunicación. Estas metahabilidades son: la comprensión oral, la producción oral, la lectura y la escritura. A su vez, cada una de estas metahabilidades puede ser desmembrada aún en habilidades más precisas. Por ejemplo, la comprensión oral consiste en unas diez, que incluyen la memorización a corto plazo de series de sonidos, la discriminación de los sonidos distintivos de un lenguaje dado y las distinciones de palabras e identificación de categorías gramaticales.

Cada habilidad corresponde a una clase de actividades específicas. Esto hace surgir preguntas acerca de la evaluación del progreso individual y la distinción entre habilidades y conocimiento. ¿Qué esperamos de nuestros hijos? ¿Habilidades o conocimientos? ¿Qué es lo que queremos "medir" cuando efectuamos pruebas a los niños?

El equipo y las interacciones sociales

Las interacciones sociales catalizan el aprendizaje. Sin ellas, un individuo no puede aprender ni desarrollarse adecuadamente. Al integrarse en un contexto social, el aprendizaje de un individuo mejora con relación a la riqueza y variedad de ese contexto.

El descubrimiento dispara los procesos de uso y construcción del conocimiento y las habilidades. El cotejo con otros capacita a los individuos para desarrollar estrategias y refinar su razonamiento.

Ésta es la razón de porqué la interacción social es una condición constituyente para el desarrollo temprano de las estructuras cerebrales y el desarrollo normal de las funciones cognitivas (ver el Capítulo 3).

¿Qué lugar dejan las escuelas para la interacción entre alumnos? La aparición de nuevas tecnologías en el sector educacional ha tenido amplias repercusiones sobre la interactividad en las situaciones de aprendizaje. ¿Cuál será el impacto de estos cambios sobre el aprendizaje mismo?

Estas preguntas están siendo abordadas por el rápidamente emergente campo de la neurociencia social, el cual se preocupa de los procesos sociales y del comportamiento.

La universalidad

Hay numerosos rasgos que caracterizan al cerebro humano, uno de ellos es el desarrollo. Obedece a un programa grabado en la herencia genética de cada individuo y está programado como parte de un "ballet" en donde genes regulados perfectamente están siendo nutridos constantemente por la experiencia.

Una de las propiedades intrínsecas del cerebro es su plasticidad (ver el Capítulo 2). El cerebro constantemente percibe, procesa e integra

información derivada de la experiencia personal y, por lo tanto, experimenta cambios en las conexiones físicas dentro de sus redes de neuronas. Este desarrollo continuo es el resultado de la operación normal del cerebro e implica una capacidad de aprendizaje permanente. Esto significa que el desarrollo es una característica constante y universal de la actividad del cerebro y que un ser humano puede aprender a lo largo de su lapso vital.

"Todos tienen derecho a la educación" (Declaración Universal de los Derechos Humanos, Naciones Unidas, 10 de diciembre de 1948, Artículo 26). La educación regula el aprendizaje a fin de que todos tengan acceso a los fundamentos de la lectura, escritura y aritmética (ver los capítulos 4 y 5).

Se llevan a cabo evaluaciones para verificar la igualdad y duración de los diversos sistemas educacionales. Aunque es difícil "medir" el conocimiento adquirido a través de las fronteras culturales, tales evaluaciones incrementan la consciencia de la necesidad de un constante perfeccionamiento en la educación.

La variabilidad

La experiencia juega un rol fundamental en el desarrollo individual y en la construcción de un ser humano, pero permanece personal y subjetiva. En consecuencia, las representaciones que resultan de la experiencia difieren entre una persona y otra. También juega un rol importante en la construcción de estilos preferenciales, y conduce a que el aprendiz emplee estrategias de aprendizaje particulares de acuerdo con la situación.

El aprendizaje específico ocasiona cambios –transiciones de un estado a otro–. Sin embargo, desde el comienzo la diversidad de la experiencia personal y de las representaciones implica condiciones diferentes para cada persona. Además, las modificaciones resultantes del aprendizaje varían de acuerdo con las motivaciones, interacciones y estrategias del aprendizaje. Ésta es la razón por la cual el impacto de la instrucción difiere de una persona a otra y del porqué hablamos de variabilidad.

Estudiantes de la misma clase, que toma el mismo curso, no aprenderán las mismas cosas. Sus representaciones de los conceptos presentados habrán de variar, ya que no todos empiezan con el mismo conocimiento

básico ni tienen el mismo modo de aprender. El resultado es que sus representaciones no se desarrollarán de la misma manera. Todos mantendrán huellas de su experiencia de aprendizaje, pero éstas serán diferentes y específicas para cada individuo.

Las experiencias del aprendizaje necesitan tener en cuenta las diferencias individuales, por lo que la diversificación del currículo para acomodarlas es una meta educacional de creciente importancia. Con frecuencia se trae a colación la cuestión de las diferencias corticales entre los hombres y las mujeres. Hasta ahora los datos neurocientíficos no confirman ni refutan esta conjetura.

El trabajo

Gran cantidad de trabajo se ha llevado a cabo y en los años recientes se ha logrado una tarea mayor en el desarrollo de la neurociencia educacional, lo cual está contribuyendo a dar origen a una ciencia del aprendizaje transdisciplinaria aún más amplia (ver el Capítulo 7). Sin embargo, estos logros parecerán pequeños en comparación con lo que está aún por venir de parte de aquellos que nos siguen en este campo. Uno puede desear que enfrenten menos barreras, especialmente porque deberán manejarse con una base de conocimiento mucho mayor. Por lo que sucede que…

…XYZ

…la historia está lejos de terminar. El proyecto CERI es meramente el comienzo de una aventura y ahora le toca a otros tomar el testigo. Muchos ya se han involucrado en tales caminos (ver el Capítulo 7). Hay mucho más que estas tres letras remanentes para escribir sobre nuestro alfabeto cerebral. Nuestro conocimiento del cerebro es como el cerebro mismo: una continua evolución…

CAPÍTULO 2
Cómo aprende el cerebro a lo largo de la vida

¿Mi cerebro? Es mi segundo órgano favorito.
Woody Allen

Este capítulo presenta una descripción de la arquitectura del cerebro. Describe cómo aprende el cerebro a lo largo de la vida, y brinda una introducción a tres fases clave de ésta: infancia y niñez, adolescencia y edad adulta (incluyendo la edad avanzada). También presenta cómo la declinación cognitiva y las disfunciones que sobrevienen con el envejecimiento pueden ser abordadas y retrasadas mediante el aprendizaje. Es especialmente útil para los lectores que no han tenido exposición a los relatos neurocientíficos del cerebro, ya que los principios básicos y los consiguientes análisis están dirigidos a los legos, y están apoyados por figuras y cuadros –resúmenes.

El aprendizaje es un proceso altamente complejo y sus definiciones varían dependiendo del contexto y de la perspectiva. Las empleadas por los neurocientíficos y los investigadores educacionales pueden ser bastante diferentes, lo cual puede significar un desafío al diálogo entre las dos comunidades. Por ejemplo, el científico Koizumi (2003) define el aprendizaje como "el proceso por el cual el cerebro reacciona ante los estímulos y establece conexiones neuronales que actúan como un circuito procesador de información, proporcionando almacenamiento de la información". En contraste, Coffield (2005), desde el lado de la investigación educacional, propone que el aprendizaje se refiere a "cambios significativos en la capacidad, comprensión, actitudes o valores por parte de individuos, grupos, organizaciones o de la sociedad"; de manera explícita él excluye "la adquisición de más información cuando ésta no contribuye a dichos cambios".

Este capítulo no aspira a proporcionar una definición general del aprendizaje y ni siquiera una visión general de diferentes definiciones de éste. En cambio, como el sentido del aprendizaje puede variar según el contexto, el propósito de este capítulo es proporcionar principios básicos de la arquitectura del cerebro y describir lo que ocurre en él durante diferentes períodos de la vida, cuando la información está siendo procesada. También discute formas en las cuales puede ser mejorado el funcionamiento

del cerebro cuando ha comenzado su declinación o cuando ya se encuentra dañado debido al envejecimiento o a enfermedades.

El desarrollo de nuevas tecnologías de imagenología cerebral (ver el Anexo B) ha permitido el surgimiento de la neurociencia cognitiva.[1] Cada vez más los neurocientíficos se han volcado al aprendizaje para aplicar nuevos descubrimientos, así como también para enmarcar preguntas de investigación futuras. Ciertos descubrimientos neurocientíficos son altamente relevantes para el diseño de currículos, prácticas de enseñanza, modos de aprendizaje de alfabetización y de conocimientos básicos de matemáticas. Las neurociencias cognitivas también pueden dar luz a formas en que el aprendizaje adulto puede ayudar en el tratamiento de los problemas del envejecimiento, como la pérdida de la memoria, así como de enfermedades crónicas más severas, tales como la demencia senil (p.ej. la enfermedad de Alzheimer).[2] El creciente número de descubrimientos relacionados con el aprendizaje continuo que surgen de la neurociencia es el hilo que enlaza los análisis presentados en este capítulo.

Los principios básicos de la arquitectura del cerebro

El cerebro consiste en una vasta cantidad de neuronas y de células gliales,[3] las cuales constituyen las unidades operativas básicas del cerebro. Durante el período más rápido del desarrollo de cerebro prenatal, el cual tiene lugar entre las semanas 10 y 26 luego de la concepción, se estima que el cerebro crece a una tasa de 250 mil neuronas por minuto. En el nacimiento, el cerebro ya tiene la mayoría de las células que habrá de tener: entre 15 y 32 mil millones. El tamaño de este rango refleja que el recuento es impreciso y que el número varía de manera considerable entre las personas. Luego del nacimiento, las redes neuronales continúan

1 La neurociencia cognitiva se refiere al estudio científico de los mecanismos neuronales subyacentes a la cognición. Estudia más ampliamente el funcionamiento del cerebro y la psicología cognitiva, que se enfoca sobre los sustratos neuronales de los procesos mentales y de sus manifestaciones en el comportamiento.

2 La demencia es una enfermedad que involucra el deterioro de las facultades mentales, tales como la memoria, la concentración y el juicio, resultado de una enfermedad orgánica o de un desorden del cerebro (ver a continuación).

3 Las células gliales son tejidos nerviosos del sistema nervioso central. Son diferentes de las neuronas transmisoras de señales; se encuentran intercaladas entre las neuronas y suministran soporte y aislamiento.

modificándose: a veces se forman y refuerzan conexiones entre las neuronas, a veces se debilitan y se eliminan. Por lo tanto, las capacidades de aprendizaje del cerebro no son impulsadas solamente por el número de neuronas, sino por la riqueza de la conectividad entre ellas. Existe espacio suficiente para los cambios, dado que, con frecuencia, cualquier neurona en particular está conectada con varios miles de neuronas diferentes. Por mucho tiempo se supuso que tales cambios ocurrían principalmente en la niñez, debido a que el cerebro ya tiene 90% de su tamaño adulto a la edad de seis años. Hoy día esta posición ha requerido revisión debido al surgimiento de evidencia científica que indica que el cerebro experimenta cambios significativos a lo largo de la vida.

Los procesos del aprendizaje y de la memoria se encuentran enraizados en redes de neuronas interconectadas. Cada neurona tiene tres partes distinguibles: dendritas, un cuerpo celular y un axón (ver Figura 2.1.). Las dendritas son procesos altamente ramificados que reciben señales químicas desde otras células. Luego, las dendritas retransmiten señales eléctricas al cuerpo celular. Las dendritas reciben estímulos desde otras neuronas y el axón trasmite estímulos hacia otras neuronas. El cuerpo celular contiene el núcleo con ADN y es el principal lugar de síntesis de la proteína. Luego, las señales eléctricas viajan a lo largo del axón, un largo proceso cubierto por una vaina de mielina grasa que se extiende hacia afuera del cuerpo celular. El axón se ramifica en terminales de axón, a través de los cuales se descargan señales químicas para transmitir la información a las dendritas de otras células. A la neurona que está *enviando* información se la denomina *neurona presináptica* y la que está *recibiendo* información se la denomina *neurona postsináptica*. Hay un pequeño espacio –la brecha sináptica– entre el axón de una neurona presináptica y las dendritas de una neurona postsináptica. En realidad, los terminales de axón de muchas neuronas presinápticas convergen sobre las dendritas de cada neurona postsináptica. Así, la actividad combinada de muchas neuronas presinápticas determina el efecto neto sobre cada neurona postsináptica. El nivel relativo de actividad en cada conexión sináptica regula su reforzamiento o debilitamiento y, por último, su existencia. Tomado en su conjunto, este fenómeno se entiende como el responsable de la codificación estructural de los procesos del aprendizaje y de la memoria en el cerebro.

Figura 2.1. Una conexión sináptica entre dos neuronas

Fuente: Christina Hinton para la OCDE.

La comunicación entre las neuronas es modulada por varios factores. Estas neuronas pueden aumentar el número de sus conexiones mediante un proceso llamado *sinaptogénesis*. De manera alternativa, el número de sinapsis puede disminuir: "poda". Entre el crecimiento y la disminución, la fuerza de la comunicación entre dos neuronas también puede modularse por el efecto combinado de la cantidad de neurotransmisores descargados desde los terminales de axón, la velocidad a la cual el neurotransmisor es retirado de la hendidura sináptica, y por el número de receptores que la neurona receptora tiene en su superficie. Estos cambios dan cuenta del reforzamiento o debilitamiento de las conexiones sinápticas existentes. Mediante estos mecanismos, las redes de neuronas son moldeadas en respuesta a las experiencias –el cerebro es capaz de adaptarse al ambiente.

Además de los cambios sinápticos, las neuronas pueden experimentar un proceso de maduración denominado *mielinización* en el cual una vaina formada por una sustancia conocida como mielina se envuelve alrededor del axón. Entender este cambio requiere considerar lo que ocurre cuando las neuronas se comunican. La comunicación tiene lugar mediante la descarga de un neurotransmisor desde el axón de una neurona; el axón debe recibir una señal de cuándo descargar el neurotransmisor. Esto ocurre mediante un impulso eléctrico que viaja desde el cuerpo de la neurona y que atraviesa el axón.[4] El axón actúa como un cable y, como tal, puede

[4] Esto ocurre de la siguiente forma: la neurona A descarga un neurotransmisor en la brecha sináptica entre las neuronas A y B. Algo de este neurotransmisor pasará la brecha sináptica y se unirá a los receptores de la neurona B. En la membrana de

transmitir la corriente (p. ej. el impulso eléctrico) con más velocidad si se encuentra aislado. Aunque la mayoría de los axones no están aislados al nacimiento, gradualmente ellos agregarán vainas de mielina, las cuales actuarán como aislante. Cuando el axón está aislado –mielinizado– el impulso eléctrico puede "saltar" a lo largo del axón en las brechas entre las vainas grasas. Los axones mielinizados pueden transmitir información hasta 100 veces más rápido que los no mielinizados.

La organización funcional

El cerebro es altamente especializado: diferentes partes llevan a cabo distintas tareas de procesamiento de información –el principio de localización funcional– lo cual se mantiene como verdadero en casi todo nivel de organización cerebral. Cada parte del cerebro opera diferentes tareas y se compone de numerosas neuronas entrelazadas. Un principio común es que las neuronas que cumplen con las mismas funciones o con similares se encuentran conectadas entre ellas en conjuntos. Estos conjuntos se conectan con otros, vinculando un área dada del cerebro, directa e indirectamente, con numerosas otras áreas en complicados circuitos. Las áreas del cerebro son altamente especializadas y cumplen muchas subfunciones muy específicas. A modo de ejemplo, algunos grupos en la corteza visual codifican color mientras que otros diferentes codifican movimiento o forma. Siempre que "vemos" un objeto dado, nuestro cerebro crea un producto desde muchas áreas especializadas donde cada una contribuye con un aspecto dado de nuestra percepción. Cuando se requiere que muchas áreas cooperen para proporcionar una función dada, nos referimos a ellas como *redes cognitivas*.

Algunas funciones se encuentran en su lugar desde el nacimiento. Éste es el caso, por ejemplo, de la operación del cerebro que segmenta el habla en diferentes palabras (Simos y Molfese, 1997).[5] Un estudio en

la neurona B se abren bombas, a fin de que los iones fuera de la célula ahora entren a ésta mientras otros salen de la célula. Si la influencia sobre la neurona B es lo suficientemente poderosa –si son activados un número suficiente de bombas– el voltaje eléctrico de la célula habrá de cambiar, de manera tal que ocurrirá una reacción en serie a lo largo del axón, mediante la cual el impulso eléctrico podrá desplazarse desde el cuerpo de la célula a lo largo del axón.

5 Es probable que distinguir palabras en un discurso sea difícil, ya que no hay espacios entre la pronunciación de las palabras individuales.

bebés franceses ha mostrado que reaccionan a la entonación y al ritmo del idioma francés (prosodia) dentro de los cinco días después de su nacimiento (ver el Capítulo 4). Así, el aprendizaje ya comienza a tener lugar durante el período prenatal (Pena *et al.*, 2003). Otras funciones están menos formadas genéticamente. La habilidad para leer exige una red compleja que involucra muchas áreas diferentes del cerebro. Ésta no se encuentra ubicada al nacer, sino que debe formarse con la conexión y coordinación de la actividad de numerosas áreas especializadas (ver los capítulos 4 y 5).

No hay dos cerebros iguales. Mientras que todo ser humano tiene el mismo conjunto básico de estructuras cerebrales, el tamaño de éstas y la organización y fuerza de las conexiones celulares que las componen difieren de manera sustancial entre una persona y otra. Para comenzar, la composición genética de cada persona resulta en una organización cerebral levemente diferente como punto de partida, por lo cual, la experiencia con el ambiente actúa sobre esta estructura básica para producir cambios estructurales en la organización del cerebro, en la que experiencias variadas pueden resultar en redes neuronales parcialmente diferentes en distintas personas respecto del mismo proceso cognitivo.

La estructura del cerebro

El cuerpo humano tiene una línea simétrica que recorre desde la parte superior de la cabeza hasta los pies (p. ej., ojos derecho e izquierdo, manos, piernas, etc.). También el cerebro está dividido en dos partes principales: los *hemisferios izquierdo y derecho*. El hemisferio derecho controla la mayoría de las actividades en el lado izquierdo del cuerpo y viceversa. Por lo tanto, una apoplejía sufrida en el hemisferio derecho afecta el lado izquierdo del cuerpo.

Se ha visto que el hemisferio derecho juega un rol clave en las habilidades espaciales y el reconocimiento de facciones, mientras que el hemisferio izquierdo alberga redes cruciales involucradas en el lenguaje, las matemáticas y la lógica. Ambos hemisferios se comunican por medio de una banda de hasta 250 millones de fibras nerviosas conocidas como el *cuerpo calloso*. Por lo tanto, aunque hay algunas actividades que aparentemente son dominantes en un hemisferio, ambos contribuyen a la actividad cerebral como un todo. Cada hemisferio es altamente complejo

y hay subsistemas que los enlazan. Por lo tanto, es demasiado simplista describir a cualquier persona como un "alumno del lado izquierdo" o como "alumno del lado derecho" (ver la discusión sobre los neuromitos en el Capítulo 6).

El cerebro alberga la *corteza*, una capa multihoja de células de 2 a 4mm de espesor en la superficie que cubre dos mil centímetros cuadrados. La corteza se compone de materia gris, así como también de materia blanca.[6] A fin de que quepa dentro del cráneo, la corteza tiene muchos pliegues y surcos. Alberga una gran proporción de las neuronas del cerebro humano y entra en juego en las funciones de orden superior principalmente.

Los lóbulos

Cada hemisferio se divide en lóbulos (ver la Figura 2.2.). Mientras que cualquier destreza o habilidad compleja depende de la acción coordinada de redes neuronales entre los lóbulos, cada lóbulo puede asociarse de manera aproximada con funciones particulares (aunque el resumen a continuación representa el estado actual del conocimiento y puede modificarse en el futuro de acuerdo con investigaciones posteriores). El *lóbulo frontal* está involucrado en la planificación y la acción; el *lóbulo temporal* juega un rol importante en la audición, la memoria y el reconocimiento de objetos; el *lóbulo parietal* está involucrado en la sensación y el procesamiento espacial, y el *lóbulo occipital* es esencial para la visión. Cada lóbulo se subdivide aún más en redes entrelazadas de neuronas especializadas para procesamientos muy específicos de información.[7]

[6] La materia gris consiste, en su mayoría, de cuerpos de células nerviosas y dendritas; la materia blanca consiste principalmente de axones que conectan varias áreas del cerebro.

[7] Cualquier daño a estas redes habrá de interrumpir la(s) habilidad(es) que sustenta(n) y cada posible anomalía estructural corresponde a un déficit específico.

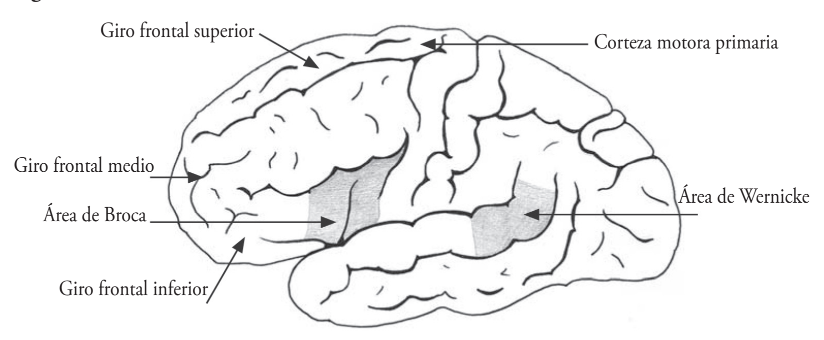
Figura 2.2. Las principales subdivisiones de la corteza cerebral

Fuente: Odile Pavot para la OCDE.

El *lóbulo frontal* incluye la *corteza motora primaria*, el *giro frontal superior,* el *giro frontal medio* y el *giro frontal inferior* (ver Figura 2.3.). La corteza primaria motora está involucrada en el control voluntario de los movimientos de las partes del cuerpo, el giro frontal superior en la planificación y ejecución de los movimientos, y el giro frontal medio en la ejecución de funciones ejecutivas de nivel elevado y procesos de toma de decisiones. El *área de Broca* en el giro frontal inferior se asocia con la producción del habla, el procesamiento y la comprensión del lenguaje. El área de Broca está conectada a otra llamada el *área de Wernicke*, que se ubica en el cruce de los lóbulos temporal y parietal, en el hemisferio izquierdo, y está involucrada en el reconocimiento del habla.[8]

[8] Un daño al área de Broca puede conducir a la afasia de Broca, la cual limita severamente la habilidad del individuo para formar o entender frases complejas. También impide en forma seria el procesamiento del lenguaje (ver el Capítulo 4).

Figura 2.3. El lóbulo frontal



El *lóbulo frontal* se asocia con muchas funciones cognitivas de orden superior, incluyendo la planificación, el juicio, la memoria, la resolución de problemas y el comportamiento. En general, la corteza frontal tiene una función ejecutiva: controlar y coordinar el comportamiento (incluyendo el comportamiento socialmente indeseable[9]). En la medida que el cerebro humano madura hacia la edad adulta hay una milienización progresiva desde la parte posterior hacia la parte delantera de éste. Dado que los axones mielinizados llevan los impulsos de manera más rápida que los no mielinizados, la madurez cerebral se asocia con un mejor funcionamiento ejecutivo, mientras que la desmielinización (la pérdida de la mielina) se asocia con enfermedades tales como la esclerosis múltiple.[10]

9 El daño o la inmadurez del lóbulo frontal se asocia con la impulsividad, la habilidad disminuida para planear secuencias complejas de acciones o a persistir en un curso de acción sin adaptación y perseverancia. Un ejemplo de lo que ocurre cuando el lóbulo frontal es dañado fue entregado por David Servan-Schreiber en el Foro de Nueva York (coorganizado por CERI y el Sackler Institute), en *Mecanismos del cerebro y el aprendizaje temprano* (2000), al introducir el estudio de Antonio Damassio sobre un contador de Iowa, previamente exitoso e inteligente (CI de 130, de acuerdo con la medición tradicional). Debido a una lesión, se le extrajo una parte del cerebro. Luego de la cirugía, mientras aún se encontraba bajo observación médica, continuó teniendo un CI bastante superior al promedio durante varios años. Sin embargo, su juicio social se vio menoscabado de manera tal que perdió su trabajo, no pudo mantener otro, se involucró en una cantidad de aventuras, en negocios oscuros, con el tiempo se divorció de su esposa de 17 años para casarse con una mujer considerablemente mayor.

10 La esclerosis múltiple es una enfermedad crónica autoinmune que ocurre en el sistema nervioso central. La mielina se desintegra lentamente en parches a través del cerebro o en la médula espinal (o ambos), y esto interfiere con las rutas nerviosas, resultando en debilidad muscular, pérdida de coordinación y alteraciones al lenguaje y la visión.

El *lóbulo parietal* puede subdividirse en el *lóbulo parietal superior* y el *lóbulo parietal inferior*, los cuales están separados por el *sulcus intraparietal*. El *precuneus*, el *giro postcentral*, el *giro supramarginal* y el *giro angular* son partes del lóbulo parietal. Se ha asociado a áreas del lóbulo parietal con el aprendizaje matemático (ver el Capítulo 5); también con la información sensorial y el procesamiento visoespacial. El giro angular se asocia al lenguaje y a la cognición, incluyendo el procesamiento de metáforas y otras abstracciones.

El *lóbulo temporal* está relacionado con el procesamiento auditivo y la audición, incluyendo el habla, particularmente en el caso del *lóbulo temporal izquierdo*. Está asociado con poner nombres, con la comprensión y otras funciones del lenguaje. El *giro izquierdo fusiforme* es parte del lóbulo temporal y se asocia con el reconocimiento de palabras, de números, de facciones y con el procesamiento de información de colores.

El *lóbulo occipital* se ubica en la parte posterior del cerebro, sobre el *cerebelo*. En la porción interior de este lóbulo se encuentra la *corteza visual primaria*. El lóbulo occipital se asocia con el procesamiento visual, la discriminación entre los colores y la discriminación de los movimientos.

Cómo aprende el cerebro a lo largo de la vida

Quien deja de ser un estudiante jamás lo fue.
George Iles

Recientemente se ha encontrado que partes del cerebro, incluyendo el hipocampo, desempeñan un rol crucial en el aprendizaje y la memoria, al generar nuevas neuronas a lo largo de toda la vida. Este nacimiento de neuronas nuevas (neurogénesis) opera en línea con la muerte de neuronas, para modificar la estructura cerebral a lo largo del lapso vital. Aún más, las neuronas están afinando sus conexiones de forma constante mediante la formación de sinapsis (sinaptogénesis), eliminación, reforzamiento y debilitamiento. Nacen neuronas y se forman nuevas conexiones a lo largo de toda la vida y, mientras el cerebro procesa información del ambiente, las conexiones más activas se refuerzan y las menos activas se debilitan. Al transcurrir el tiempo las conexiones inactivas se tornan más y más débiles, y cuando todas las conexiones de una neurona se tornan persistentemente inactivas, la célula misma se puede

morir. Al mismo tiempo, las conexiones activas son reforzadas. Mediante estos mecanismos, el cerebro se ajusta para calzar con el ambiente. Así se torna más eficiente, tomando en cuenta la experiencia con el fin de desarrollar una arquitectura óptima (Sebastián, 2004; Goswami, 2004; Koizumi, 2005). Estos cambios estructurales subyacen al aprendizaje.

La plasticidad y los períodos sensibles

Desde hace algún tiempo los neurocientíficos saben que el cerebro cambia de manera significativa a lo largo de la vida, como respuesta a las experiencias de aprendizaje. Esta flexibilidad del cerebro para responder a las demandas ambientales se llama *plasticidad*. El cerebro se modifica físicamente a través del reforzamiento, el debilitamiento y la eliminación de conexiones existentes y el crecimiento de nuevas. El grado de modificación depende del tipo de aprendizaje que tiene lugar; el aprendizaje a largo plazo conduce a modificaciones más profundas.

La habilidad del cerebro de permanecer flexible, alerta, responsivo y orientado a las soluciones se debe a su capacidad de plasticidad a lo largo del lapso vital. Antes se pensaba que sólo los cerebros infantiles eran plásticos. Esto se debía al crecimiento extraordinario de sinapsis nuevas en paralelo a la adquisición de nuevas habilidades. Sin embargo, la información descubierta en las dos últimas décadas ha conformado que el *cerebro retiene su plasticidad a lo largo de toda la vida. Y, debido a que la plasticidad sustenta el aprendizaje, podemos aprender en cualquier etapa de la vida, aunque de formas un tanto diferentes en las distintas etapas* (Koizumi, 2003; OECD, 2002).

La plasticidad se puede clasificar en dos tipos: *expectante a la experiencia* y *dependiente de la experiencia*. La plasticidad expectante a la experiencia describe la modificación estructural de inclinación genética del cerebro en la vida temprana y la plasticidad dependiente de la experiencia la modificación estructural del cerebro como resultado de la exposición a ambientes complejos durante la vida.[11] Muchos investigadores creen que la plasticidad expectante a la experiencia caracteriza el desarrollo en toda la especie: es la condición natural de un cerebro sano, una característica que nos permite aprender de manera continua hasta una edad avanzada.

[11] La mielinización también es considerada un proceso de plasticidad dependiente de la experiencia (Stevens y Fields, 2000).

Paralelamente a la plasticidad, el aprendizaje también puede ser descrito como expectante a la experiencia o dependiente de la experiencia. El *aprendizaje expectante a la experiencia* ocurre cuando el cerebro se encuentra con la experiencia relevante, idealmente en una etapa óptima designada como "período sensible". Los períodos sensibles son los momentos en los cuales es más probable que ocurra un cierto evento biológico particular.[12] Los científicos han documentado períodos sensibles para ciertos tipos de estímulos sensoriales, tales como la visión y sonidos del lenguaje, y para ciertas experiencias emocionales y cognitivas, como la exposición al lenguaje. Sin embargo, hay muchas habilidades mentales, como la adquisición de vocabulario y la habilidad para ver colores, que no pareciera que deban pasar por períodos sensibles muy restringidos. Éstos pueden considerarse como *aprendizajes dependientes de la experiencia,* que tienen lugar a lo largo de la vida.

Los diferentes tipos de plasticidad juegan roles distintos en diferentes etapas de la vida. La sección siguiente considera las tres etapas de la vida, que consisten en la infancia temprana, la adolescencia y la edad adulta (incluyendo los adultos mayores), y describe las características del proceso de aprendizaje de cada etapa. La Parte II también trata estas etapas clave.

La niñez (aproximadamente de los 3 a los 10 años)

La dirección en la cual se inicia
la educación de un hombre
habrá de determinar su vida futura.
Platón

La educación y el cuidado en la niñez han atraído una enorme atención en la última década. Esto ha sido impulsado en parte por la investigación que indica la importancia de las experiencias tempranas de calidad en el desarrollo cognitivo, social y emocional a corto plazo de los niños, así como también sobre su éxito a largo plazo en la escuela y en su vida posterior. El acceso equitativo a la educación y a la atención preescolar de calidad ha sido reconocido como clave para establecer las bases para

12 Debería enfatizarse que los períodos sensibles necesitan ser considerados como "ventanas de oportunidades" más que como momentos que, en caso de no utilizarse la oportunidad habrán de perderse por completo.

el aprendizaje a lo largo de toda la vida para todos los niños y para el apoyo de las amplias necesidades educacionales y sociales de las familias. En la mayoría de los países de la OCDE, la tendencia es la de dar a todos los niños por lo menos dos años de atención de educación pública gratis antes del inicio de la educación obligatoria; así es como los gobiernos buscan mejorar la capacitación de las personas y las condiciones laborales, así como también desarrollar marcos pedagógicos apropiados para los niños pequeños (OECD, 2001). La neurociencia no será capaz de proporcionar soluciones a todos los desafíos que enfrentan la educación y el cuidado de la niñez, pero cabe esperar que los descubrimientos neurocientíficos proporcionen percepciones útiles para la toma de decisiones informadas en este campo.

Los niños de muy corta edad son capaces de desarrollar una comprensión sofisticada de los fenómenos que los rodean; son "aprendices activos" (US National Research Council, 1999). Aún en el momento del nacimiento, el cerebro del infante no es una *tabula rasa*. Los niños desarrollan teorías acerca del mundo muy temprano y las reconsideran a la luz de su experiencia. Los dominios del aprendizaje temprano incluyen la lingüística, psicología, biología y la física; también cómo funcionan el lenguaje, la gente, los animales, las plantas y los objetos. La educación temprana necesita tener en cuenta el cerebro distinto y la conceptualización individual de los niños y esto habrá de ayudar a identificar las modalidades individuales del aprendizaje, p. ej., mediante juegos.[13]

[13] De acuerdo con Allison Gopnik (en el foro coorganizado por el CERI y el Sackler Institute sobre "mecanismos del cerebro y aprendizaje temprano", 2000), los niños ya vienen equipados para aprender el lenguaje. Pero también aprenden cómo la gente que los rodea piensa y siente, y cómo esto se relaciona con sus propios pensamientos y sentimientos. Los niños aprenden la psicología cotidiana. También aprenden física cotidiana (cómo se mueven los objetos y cómo interactuar con ellos), y biología del día a día (cómo se comportan los seres vivos, las plantas y los animales). Ellos dominan estos conocimientos complejos antes de que tenga lugar cualquier escolaridad oficial. Sería interesante ver si las prácticas escolares pueden construirse directamente sobre el conocimiento que los niños han acumulado en sus ambientes previos. Por ejemplo, la escuela inicial podría enseñar psicología del día a día. En el caso de la física y de la biología, las escuelas podrían iniciar la enseñanza infantil a partir de sus concepciones naturales (y errores de concepción) acerca de la realidad, a fin de lograr una comprensión más profunda de los conceptos científicos que la describen. Las escuelas podrían capitalizar de mejor manera el juego, la exploración espontánea, la predicción y la retroalimentación, los cuales son tan poderosos en el aprendizaje espontáneo del hogar. Las escuelas deberían

Los niños son competentes en los números. Las investigaciones han indicado que niños muy pequeños, en los primeros meses de vida, ya atienden a la cantidad de objetos en su ambiente (McCrink y Wynn, 2004). También existe evidencia de que pueden operar con números (Dehaene, 1997). Ellos desarrollan habilidades numéricas mediante la interacción con el ambiente, construyendo sobre su sentido inicial de los números (explorado con mayor profundidad en el Capítulo 5). Por lo tanto, la pregunta educacional es cómo construir de mejor manera sobre la competencia infantil ya existente. ¿Hay un momento oportuno u óptimo, y hay modos de aprendizaje preferidos?

Por mucho tiempo ha existido la creencia generalizada entre los no especialistas de que entre el nacimiento y la edad de tres años los niños están al máximo de su receptividad al aprendizaje (Bruer, 1999).[14] De acuerdo con este punto de vista, si los niños no han sido expuestos total y completamente a varios estímulos, no serán capaces de recobrar los beneficios del estímulo temprano más adelante en la vida. Sin embargo, incluso en el caso de las destrezas para las cuales existen períodos sensibles, la capacidad de aprendizaje no se perderá aún después del período sensible. Si bien no hay evidencia científica de que la sobreestimulación de un niño normal y sano tenga un efecto beneficioso, hay evidencia de que podría ser una pérdida de tiempo (Sebastián, 2004). Los descubrimientos sobre los cuales están basados estos argumentos están relacionados con funcionamientos muy básicos, tales como la visión; no sería lo apropiado aplicar esto directamente a las habilidades del aprendizaje o a las cognitivas. Para una comprensión más cabal de cómo la experiencia durante la infancia temprana afecta el desarrollo posterior, se requeriría un estudio amplio de cohorte.[15]

estar proporcionando la oportunidad de ser científicos incluso a los niños más pequeños y no solamente hablarles acerca de la ciencia.

14 Siempre ha existido un malentendido sobre los primeros tres años de vida, y la interpretación errónea de los datos científicos sobre la sinaptogénesis ha dado origen a varios conceptos populares equivocados (abordados en mayor detalle en el Capítulo 6). Un resultado de los neuromitos relacionados con la niñez ha sido el rápido crecimiento de la industria de materiales de aprendizaje "basado en el cerebro"; por ejemplo: "CD para la estimulación del cerebro de su bebé". Ésta es una buena ilustración de cómo la comprensión precisa de la evidencia científica es importante para las prácticas educacionales informadas.

15 Kozorovitsky *et al.* (2005) sostienen que la experiencia de la temprana infancia induce cambios estructurales y bioquímicos en el cerebro del primate adulto. En

Sin embargo, hay períodos de sensibilidad en ciertas áreas del aprendizaje, como la adquisición del lenguaje (ver el Capítulo 4). Esto no quiere decir que es imposible aprender un idioma extranjero luego de cierta edad y los estudios han demostrado que la efectividad del aprendizaje depende del aspecto del idioma en cuestión. Neville (2000) ha notado que el aprendizaje de un segundo idioma involucra tanto la comprensión y la producción, y exige el dominio de diferentes procesos. Dos de éstos –el procesamiento gramatical y el procesamiento semántico– dependen de diferentes sistemas neuronales dentro del cerebro. El procesamiento gramatical depende más de las regiones frontales del hemisferio izquierdo, mientras que el procesamiento semántico (p. ej. aprendizaje de vocabulario) activa las regiones laterales posteriores de ambos hemisferios: izquierdo y derecho. Mientras más tarde se aprende la gramática, más activo está el cerebro en el proceso del aprendizaje.[16] En vez de procesar la información gramatical sólo con el hemisferio izquierdo, los estudiantes tardíos procesan la misma información con ambos hemisferios. Esto indica que retardar la exposición al lenguaje conduce a que el cerebro use una estrategia diferente al procesar la gramática. Adicionalmente, estudios confirmatorios han demostrado que los sujetos con esta activación bilateral del cerebro tenían significativamente mayores dificultades para emplear la gramática correctamente –la activación bilateral indica mayor dificultad en el aprendizaje–. Así, mientras antes se exponga al niño a la gramática de un idioma extranjero, más fácil y rápido es su dominio. Sin embargo, el aprendizaje semántico continúa a lo largo de la vida y no está constreñido por el tiempo.

Otro ejemplo de los períodos sensibles se produce durante la adquisición de los sonidos del habla. Los estudios muestran que en los primeros meses de vida los niños pequeños son capaces de discriminar las sutiles pero relevantes diferencias entre las consonantes de sonido similar y entre las vocales con sonidos similares, para idiomas nativos o extranjeros. Los

2004 se lanzaron "estudios de cohorte basados en el cerebro" por parte del Research Institute of Science and Technology for Society (RISTEX) de la Japan Science and Technology Agency (JST), parcialmente con el objetivo de investigar este tema (ver Capítulo 7, Cuadro 7.8.).

[16] A menudo, más activación cerebral significa que el cerebro encuentra esa tarea en particular más difícil de procesar; por ejemplo, se ve una menor activación del cerebro en lectores expertos que en lectores novatos en las pruebas de reconocimiento de palabras.

bebés recién nacidos pueden aprender a discriminar contrastes difíciles en sonidos del habla en un par de horas aún cuando están durmiendo, en oposición a la visión de que el sueño es un estado sedentario en donde capacidades tales como la atención y el aprendizaje están reducidas o ausentes (Cheour *et al.*, 2002a; ver también el Capítulo 3). Sin embargo, durante el primer año de vida, esta capacidad con relación a idiomas no nativos disminuye a medida que aumenta la sensibilidad a los sonidos de su idioma nativo. Esta declinación en la percepción no nativa tiene lugar durante el primer año de vida, con la disminución más acentuada entre los ocho y diez meses de edad (Werker, 2002; Kuhl, 1979). Este cambio aumenta la eficiencia de la función cerebral al adaptarse al ambiente natural. Debería notarse que no basta con sólo hacer que los niños escuchen idiomas extranjeros a fin de mantener la sensibilidad a los sonidos de idiomas extranjeros.[17]

Sin embargo, la adquisición de sonidos del lenguaje no nativo es posible fuera del período sensible. Cheour *et al.* (2002b) han demostrado que niños de entre tres y seis años también pueden aprender a distinguir los sonidos del lenguaje no nativo en un ambiente de lenguaje natural dentro de dos meses sin ningún entrenamiento especial. McCandliss sugiere que, dentro de un entrenamiento a corto plazo, los japoneses adultos pueden aprender a distinguir los sonidos *r* y *l* del lenguaje (2000).[18] Sin embargo, siendo que el aspecto más importante del aprendizaje del lenguaje es el de ser capaz de comunicarse, lo cual no necesariamente requiere una distinción precisa entre los sonidos del habla, la pregunta queda abierta: ¿acaso es necesario invertir tiempo de entrenamiento para distinguir los sonidos del lenguaje extranjero, teniendo en cuenta el nivel de precisión exigido en diferentes situaciones?

[17] Los padres pueden preguntarse qué es lo exactamente suficiente para desarrollar de manera adecuada las competencias de sus hijos para ambos idiomas: nativo y extranjero. Actualmente no hay suficiente evidencia como para decir nada en concreto respecto de esto, y constituye una materia a desarrollar más adelante, incluyendo los trabajos por venir del OCDE/CERI.

[18] Es sabido que los nativos parlantes del japonés tienen considerable dificultad para distinguir entre los sonidos *r* y *l* del inglés (por lo tanto, en distinguir entre“load” y “road”).

La adolescencia (aproximadamente de los 10 a los 20 años)

El fundamento de todo Estado
es la educación de su juventud.

Antes de que estuvieran disponibles las tecnologías de imagenología del cerebro, los científicos, incluyendo a los psicólogos, creían que el cerebro era en gran medida un producto terminado a la edad de 12 años. Una razón para esta creencia es que el tamaño del cerebro aumenta muy poco más allá de los años de la infancia. Para cuando el niño llega a la edad de seis años, el cerebro ya tiene 90-95% de su tamaño adulto. A pesar de esto, el cerebro adolescente puede ser entendido como "una obra en construcción". Las técnicas de imagenología cerebral han revelado que tanto el volumen del cerebro como la mielinización continúan aumentando a lo largo de la adolescencia, hasta el período de adulto joven (esto es, entre las edades de 20-30). Los estudios de imagenología cerebrales, realizados en adolescentes por Jay Giedd en el United States National Institute of Mental Health, muestran que no sólo está lejos de la madurez el cerebro adolescente, sino que tanto la sustancia gris como la blanca experimentan extensos cambios estructurales hasta bien pasada la pubertad (Giedd *et al.*, 1999; Giedd, 2004). Los estudios de Giedd muestran que hay una segunda ola de proliferación y poda, que tiene lugar más tarde en la infancia, y que la parte final crítica de esta segunda ola, que afecta algunas de nuestras facultades mentales más elevadas, ocurre al final de la adolescencia. Este crecimiento y disminución neuronal altera el número de sinapsis entre las neuronas (Wallis *et al.*, 2004; Giedd *et al.*, 1999; Giedd, 2004).

Hay varias partes del cerebro que experimentan cambios durante la adolescencia (ver Figura 2.4.). Primero el *estriado derecho ventral*, el cual regula el comportamiento motivacional de recompensa, enfrenta ciertos cambios.[19] Estas diferencias pueden conducir al cerebro adolescente al involucramiento en comportamientos riesgosos de elevada recompensa.[20]

[19] Un estudio realizado por James M. Bjork, del National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism, indicó que esta área tenía menos actividad y más errores en los adolescentes en comparación con los adultos durante un juego de azar basado en recompensas (Bjork *et al.*, 2004).

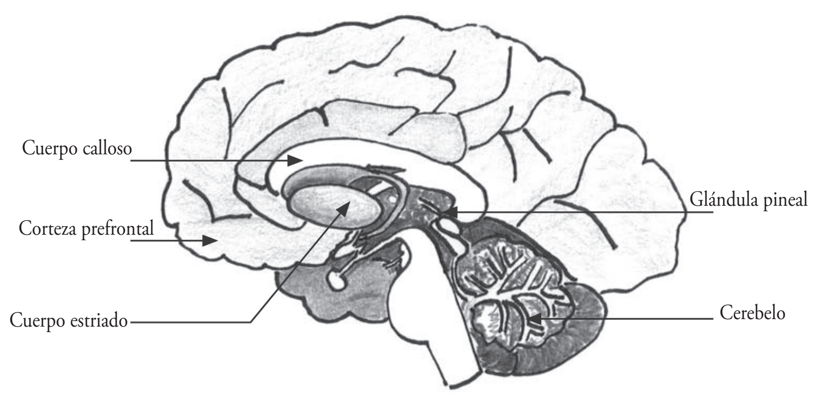
[20] Un estriado ventral derecho desarrollado no es el único factor que explica los comportamientos riesgosos de elevada recompensa en adolescentes, los que también

En segundo lugar, el *cuerpo calloso* se desarrolla antes y durante la pubertad. Tercero, la *glándula pineal*, que produce la hormona melatonina, crítica en la conducción del cuerpo al sueño, se entiende que alerta a las hormonas para secretar melatonina mucho después durante las 24 horas del día del período de la adolescencia, más que en los niños y adultos. Cuarto, el *cerebelo*, que gobierna la postura, el movimiento y el equilibrio, continúa creciendo hasta la adolescencia tardía. El cerebelo también influye sobre otras partes del cerebro, responsables de las acciones motoras, y está involucrado en funciones cognitivas incluido el lenguaje.[21] Por último, la *corteza prefrontal*, responsable de importantes funciones ejecutivas, como la cognición a nivel elevado, es la última parte del cerebro en ser podada. Esta área crece durante los años preadolescentes y luego se encoge en la medida en que las conexiones neuronales son podadas durante la adolescencia. Estudios recientes han sugerido que la forma en la cual se desarrolla la corteza prefrontal durante la adolescencia puede afectar la regulación emocional.

podrán ser moldeados por factores ambientales como la pobreza, la composición familiar y el barrio.

21 Esto ha sido establecido por la neurociencia durante los últimos 20 años. El cerebelo se encuentra vinculado con la corteza cerebral mediante un anillo de comunicación cerebro-cerebelo. Ayudando a la corteza cerebral mediante su sutil capacidad computacional, el cerebelo contribuye a todas las habilidades, sean ellas motoras o mentales (como el pensamiento). El autismo y los síntomas esquizofrénicos, tales como los delirios o las alucinaciones mentales ahora son explicados, al menos parcialmente, por una disfunción del cerebelo. Catherine Limperopoulos, de la Universidad de Harvard, ha demostrado que el desarrollo del cerebro y del cerebelo están relacionados. Cuando hay una lesión al cerebelo en un costado, el cerebelo del otro lado también deja de crecer a un tamaño normal. Cuando la lesión ocurre en un hemisferio cerebelar, el lado opuesto del cerebelo queda de tamaño menor a lo normal. Limperopoulos y sus colegas sugieren que, además de los problemas motores, los niños que nacen con lesiones al cerebelo tienen problemas con procesos cognitivos más elevados, tales como la comunicación, el comportamiento social y la percepción visual. Los resultados indican la importancia de la comunicación cerebro-cerebelo en el desarrollo del cerebro, y en sus desórdenes, los que pueden ocasionar dificultades en los procesos mentales para la comunicación, el comportamiento social y el aprendizaje (Massao Ito, 2005, bajo la solicitud del secretariado de la OCDE).

Figura 2.4. El cerebro del adolescente



Fuente: Odile Pavot para la OCDE.

Las diferencias de género en el desarrollo cognitivo durante la adolescencia también han sido estudiadas en términos del desarrollo del lenguaje y lateralización[22] del lenguaje en el cerebro humano (Blanton *et al.*, 2004). Se encontraron aumentos significativos, relacionados con la edad, en la materia gris y blanca, en el giro izquierdo inferior frontal[23] en niños de 11 años de edad en comparación con las niñas de la misma edad, y se observó que esta área general era de mayor tamaño en los niños que en las niñas. Ambos, los niños y las niñas, mostraron asimetría en el desarrollo, con el lado derecho creciendo con más rapidez, pero en áreas de la corteza prefrontal levemente diferentes.

La adolescencia es un momento de cambios mentales profundos, que afectan la constitución emocional –la conciencia social, el carácter y las tendencias hacia el desarrollo de enfermedades mentales–. Es un período en el cual el individuo se encuentra especialmente abierto al aprendizaje y a los desarrollos sociales; también cuando puede emerger un comportamiento antisocial.[24] La adolescencia es un período crucial en términos de desarrollo emocional, parcialmente debido al surgimiento de hormonas en el cerebro. Las hormonas sexuales juegan un papel importante en las intensas emociones adolescentes, y recientemente se ha encontrado que están activas en el centro emocional del cerebro (esto es, el sistema

22 Localización de la función, ya sea en el lado derecho o izquierdo del cerebro.
23 El giro inferior frontal juega un papel importante en el procesamiento del lenguaje, desarrollo del habla y la cognición a nivel más elevado.
24 En los años de la adolescencia, la incidencia de comportamiento antisocial ha sido medida; se ha incrementado diez veces (Moffitt, 1993).

límbico, ver Figura 3.1.). Estas hormonas influyen directamente sobre la serotonina y otros neuroquímicos que regulan el temperamento y contribuyen a la conocida búsqueda de excitación propia del comportamiento de los adolescentes. (Un estudio de evaluación de riesgo, empleando un juego de manejo simulado en adultos y en adolescentes, mostró que los adolescentes se arriesgaban más cuando jugaban en grupos con sus pares, aunque ambos conjuntos tomaban decisiones seguras cuando jugaban solos [Steinberg, 2004]). De acuerdo al psicólogo Laurence Temple, "las partes del cerebro responsables de cosas tales como la búsqueda de sensaciones se activan en gran medida alrededor del tiempo de la pubertad, pero las partes del ejercicio del juicio aún se encuentran en maduración a lo largo del curso de la adolescencia. Es como encender el motor de un vehículo sin un chofer experto al volante" (Wallis *et al.*, 2004). Así es cómo la corteza prefrontal aún no desarrollada en los adolescentes podría jugar un rol en la mayor incidencia de comportamiento inestable durante ese período.[25]

Los últimos descubrimientos acerca de la inmadurez en las funciones de toma de decisiones del cerebro podrían tener implicaciones directas en las políticas dedicadas a este grupo de edad objetivo. Por ejemplo, la "clasificación" a menudo tiene lugar en los primeros años de las escuelas secundarias (distribución de los estudiantes en cursos, dividiéndolos durante parte del horario escolar en algunas asignaturas de acuerdo con su rendimiento en ellas [*tracking*] o distribución de ellos en cursos totalmente separados de acuerdo con su rendimiento[*streaming*], o incluso seleccionándolos para la distribución) lo que puede no ser compatible con el estado de subdesarrollo del cerebro adolescente.[26] Puede necesitarse reflexionar acerca de las leyes que fijan la edad mínima para conducir. De acuerdo con el Instituto de Seguros para la Seguridad en la Ruta de Estados Unidos [*United States Insurance Institute for Highway Safety*], los adolescentes tienen cuatro veces más probabilidades de involucrarse en accidentes y tres veces más probabilidades de morir en uno que conductores de más edad. A la luz de este descubrimiento, algunos estados

[25] La corteza prefrontal subdesarrollada de los adolescentes necesita del uso de un área alternativa del cerebro, a saber: la *amígdala* (ver el Capítulo 3 para mayor detalle).

[26] Aún más, el resultado de los estudios de la OCDE-PISA sugieren la inefectividad de las políticas de clasificación en las clases iniciales. La neurociencia puede iluminar aún más esta conclusión, al sugerir cómo el cerebro emocional del adolescente interactúa con el medio ambiente que se vive en el aula.

están considerando revisar proyectos de ley para aumentar los requisitos de entrenamiento y restringir la cantidad de pasajeros, así como el uso de teléfonos celulares para ciertos conductores adolescentes.[27]

La adolescencia también es un momento cuando ocurren enfermedades mentales de mayor envergadura, como la depresión y la esquizofrenia[28] y desórdenes bipolares, lo cual puede contribuir a las elevadas tasas de suicidio adolescente. Kashani y Sherman (1988) condujeron estudios epidemiológicos en Estados Unidos que revelaron que la incidencia de depresión[29] es de 0,9% en los niños de edad preescolar, de 1,9% en los niños de edad escolar y de 4,7% en los adolescentes. Aparentemente, hay una mayor prevalencia de depresión entre las mujeres adolescentes, con una proporción mujeres/hombres de 2:1, lo cual puede deberse al hecho de que las mujeres están más orientadas que los hombres a lo social, y son más dependientes de las relaciones sociales positivas y más vulnerables a la pérdida de relaciones sociales (Allgood-Merten, Lewinsohn y Hops, 1990). Esto aumentaría su vulnerabilidad al estrés interpersonal, común entre los adolescentes. También hay evidencia de que los métodos que emplean las adolescentes para enfrentar el estrés podría involucrar menos negación y más pensamiento repetitivo y enfocado al evento estresante (Nolen-Hoeksema y Girgus, 1994). La mayor prevalencia de depresión entre las niñas, por lo tanto, podría ser el resultado de una mayor vulnerabilidad que los niños, combinada con mecanismos diferentes para enfrentarse a los problemas.

Realizar más investigación del cerebro acerca de las diferencias individuales en los años críticos de la adolescencia, en especial aquéllas relacionadas con el género, podría ayudar a comprender las diferentes trayectorias del desarrollo cerebral y la manera en que los individuos hacen frente a la estimulación ambiental. Podría ayudar a explicar el hecho de que la incidencia de intentos de suicidio alcanza un máximo incremento durante los

[27] Sin embargo, en promedio, los conductores de mayor edad tienen más experiencia conduciendo en comparación con conductores jóvenes, lo cual también puede que contribuya a explicar las diferencias en la tasa de accidentalidad.

[28] Estudios mediante IRM indican que, mientras el adolescente promedio pierde alrededor de 15% de la materia gris cortical, aquellos que desarrollan esquizofrenia pierden como 25 por ciento (Lipton, 2001).

[29] Esta condición clínica va desde la simple tristeza a un desorden importante de depresión o bipolar, donde los factores de riesgo incluyen la historia familiar y bajo desempeño escolar.

años intermedios de la adolescencia, con mortalidad debida a suicidios, la cual aumenta en forma pareja a través de los años adolescentes; es la tercera causa de muerte a esa edad (Hoyert, Kochanek y Murphy, 1999). Debido a que el riesgo de fracaso escolar y el suicidio es elevado entre los y las adolescentes con depresión, realizar más investigación sobre el cerebro adolescente habrá de dar más luces sobre estas enfermedades mentales y contribuirá a la detección temprana y a la prevención.

La Tabla 2.1. resume la discusión realizada hasta ahora acerca de cómo aprende el cerebro en las diferentes etapas de la infancia y adolescencia. De ninguna manera está completa esta Tabla, debido a que hay muchos detalles por ser descubiertos aún, y la neurociencia cognitiva no ha arrojado aún suficiente luz, en especial acerca de los procesos del aprendizaje entre los adultos y adultos mayores, quienes se encuentran excluidos de la Tabla. Dado que tal investigación podría dirigirse en potencia a algunos de los desafíos clave de la sociedad que se envejece, es importante realizar más progresos en esta área.

Tabla 2.1. Resumen de cómo aprende el cerebro

	Infancia (3-10 años)	Adolescencia temprana (10-13 años)	Adolescencia (13-20 años)
Maduración cerebral[1]	Región frontal del hemisferio izquierdo	Estriado ventral derecho Cerebelo Cuerpo calloso Glándula pineal	Corteza prefrontal Cerebelo
Funciones asociadas[2]	Lenguaje (gramática)	Recompensas motivacionales Postura y movimiento Lenguaje Sueño	Funciones ejecutivas Postura y movimiento
Momento oportuno óptimo para el aprendizaje[3]	Lenguaje (gramática, ortografía acentual)[4] Música[5]	No discutido	No discutido

1. La fila de la maduración del cerebro no proporciona una lista exhaustiva de los cambios con la maduración.
2. La fila de funciones asociadas no proporciona una lista exhaustiva de las funciones asociadas con las áreas del cerebro.
3. Podría haber sensibilidades del desarrollo adicionales no mencionadas en esta tabla.
4. Aunque ciertos aspectos del lenguaje se aprenden con más eficiencia durante la niñez, el lenguaje puede aprenderse a lo largo de la vida. Además, la edad óptima proporcionada en esa tabla para aprender un idioma es un promedio y varía entre los individuos.
5. Aunque ciertos aspectos de la música se aprenden con más eficiencia durante la infancia, la música se puede aprender a lo largo de la vida. Además, la edad óptima para aprender música (proporcionada en esta tabla) es un promedio y varía entre los individuos.

La edad adulta y el adulto mayor

La educación es la mejor previsión para la ancianidad.
Aristóteles

El aprendizaje adulto ha incrementado su importancia en la última década, en la medida en que las sociedades aumentan el conocimiento base. Las elevadas tasas de desempleo entre los individuos de poca especialización y el reconocimiento del rol significativo del capital humano para el crecimiento económico y el desarrollo social conduce a la exigencia de mayores oportunidades de aprendizaje para los adultos. Sin embargo, la tasa de participación en la educación para adultos no siempre es elevada, y alrededor de la edad de cincuenta años tiende a haber una caída considerable. Un desafío hoy es hacer que el aprendizaje sea más atractivo para los adultos, al emplear métodos pedagógicos adecuados (OECD, 2005).

Al contrario de la afirmación popular de que el cerebro pierde 100 mil neuronas cada día (o más, si se fuma y toma alcohol), las nuevas tecnologías han mostrado que no hay ninguna dependencia de la edad si uno cuenta el total de neuronas en cada área de la corteza (Terry, DeTeresa y Hansen, 1987). La dependencia de la edad sólo se aplica al número de "grandes" neuronas en la corteza cerebral. Estas neuronas grandes disminuyen, con la consecuencia que aumenta el número de neuronas pequeñas, de manera tal que el número total se mantiene igual. Sin embargo, hay algún descenso en los circuitos neuronales en la medida que las neuronas se empequeñecen, reduciéndose el número de sinapsis. Mientras que la disminuida conectividad corresponde a la plasticidad reducida, no implica habilidad cognitiva reducida. Por el contrario, la adquisición de habilidades resulta de la poda de algunas conexiones, mientras que se refuerzan otras. Y, así, la gente continúa aprendiendo a lo largo de su vida.

¿Aprenden los adultos mayores de la misma forma que los jóvenes? Hay considerable evidencia que indica que los adultos mayores evidencian menor especificidad de diferenciación en el uso del cerebro mientras desempeñan una batería de tareas cognitivas (Park *et al.*, 2001). Un estudio japonés reciente comparó la destreza en el lenguaje de japoneses adultos jóvenes y mayores (Tatsumi, 2001). Se les solicitó a los sujetos

decir en voz alta cuantas palabras pudieran de una categoría semántica y fonológica dada dentro de 30 segundos. El número de palabras que los adultos mayores pudieron recuperar fue 75% del número recuperado por los sujetos más jóvenes, indicando su menor fluidez de palabras. También tuvieron mayores dificultades para recuperar nombres famosos, con un desempeño promedio de alrededor de 55% del de los sujetos más jóvenes. Un estudio de activación Positron Emission Tomography (PET) se llevó a cabo durante las tareas de fluidez con palabras. Entre los sujetos jóvenes, durante la recuperación de los nombres apropiados, se activaron el lóbulo temporal anterior y el lóbulo frontal. Durante la recuperación de nombres animados e inanimados y fluidez silábica, se activaron el lóbulo temporal infraposterior y el lóbulo frontal inferior, esto es, el área de Broca, ver la Figura 2.3.). En contraste, se encontró que las áreas activadas entre los sujetos de edad, generalmente eran de menor tamaño o que en ocasiones estaban inactivas, aunque ciertas áreas que no estaban activas entre los sujetos jóvenes sí lo estaban entre los de mayor edad (Tatsumi, 2001).

Es prematuro basar conclusiones en estos descubrimientos que requieren de mayor investigación. Una interpretación de estos patrones de activación es que, en un esfuerzo por compensar la deficiente recuperación de palabras, otras áreas del cerebro entran en juego entre los adultos mayores. Alternativamente, y a favor de la vitalidad del cerebro que envejece, la fluidez o la experiencia en una tarea necesariamente reduce los niveles de actividad, por lo que, con mayor eficiencia de procesamiento, estas tareas también pueden ser acarreadas a diferentes áreas del cerebro para su procesamiento.

Aprendiendo a demorar la declinación cognitiva relacionada con la edad

Muchos procesos cognitivos en el cerebro se deterioran cuando dejamos de usarlos, confirmando el amplio impulso del concepto de aprendizaje a lo largo de toda la vida. En lugar del proverbio “un perro viejo no aprende trucos nuevos” el mensaje pasa a ser “úselo o piérdalo”. A continuación nos preguntamos cuál es la mejor manera de llevar esto a cabo. Se trata de una pregunta importante debido a que, de acuerdo con cómo se usa el cerebro se afecta el ritmo al cual envejece. Esta sección

describe el disminuido funcionamiento del cerebro que sobreviene con la edad, así como también las posibles maneras en que esto puede ser contrarrestado mediante el aprendizaje.

Combatiendo la declinación de las funciones cognitivas

Aunque nuestro cerebro es lo suficientemente flexible como para permitir el aprendizaje durante toda la vida, hay un deterioro general en la mayoría de las capacidades cognitivas desde la edad de 20 años hasta la de 80 años. La impresión cotidiana es que el deterioro se inicia mucho más tarde que a los 20 años, simplemente porque se torna más notorio durante la edad adulta tardía. Las pérdidas de la función ejecutiva y de la memoria de largo plazo en los adultos de mediana edad puede que no sean demasiado evidentes al individuo, ya que son compensadas por el aumento en experiencia y habilidad (Park *et al.*, 2001). Sin embargo, falta mucho por entender acerca de la interacción entre el conocimiento en aumento y el deterioro de la función ejecutiva, y de la memoria a lo largo del lapso vital, por lo que se necesita más investigación en esta área. No todas las funciones cognitivas se deterioran de la misma forma con la edad. El deterioro se ha notado más claramente en tareas tales como comparación de letras, comparación de patrones, rotación de letras, lapso computacional, lapso de lectura (*reading span, cued recall, free recall*) y así consecutivamente. En contraste, se han notado aumentos en las capacidades cognitivas a lo largo del lapso vital hasta la edad de 70 años (con algunos deterioros a la edad de 80 años). Éste es el caso, por ejemplo, del vocabulario, el cual manifiesta un aumento de experiencia y de conocimiento general, contrapesando las pérdidas en otras capacidades cognitivas (Park *et al.*, 2001; Tisserand *et al.*, 2001; 2002).

La declinación relacionada con la edad se debe a problemas con varios mecanismos cognitivos más que a una causa única. Es probable que los diferentes procesos ejecutivos, así como su velocidad, se deterioren con la edad y contribuyan a las dificultades en funciones cognitivas de orden más elevado, tales como el razonamiento y la memoria (Park *et al.*, 2001). Los estudios que abordan el deterioro diferencial de la función neurocognitiva con la edad indican que la velocidad de procesamiento de la información se deteriora ya en la cuarta década de vida y se aplica

en especial a aquellos procesos cognitivos dependientes de áreas y circuitos dentro de la corteza prefrontal. Así, las llamadas "funciones ejecutivas" se encuentran entre las primeras en deteriorarse con la edad, lo cual se manifiesta en formas tales como una disminución en la eficiencia para procesar información nueva, aumento de los olvidos, falta de atención y concentración, y un potencial de aprendizaje disminuido. El efecto de la edad difiere dentro de la corteza prefrontal, donde las áreas dorsolaterales y mediales son más afectadas que la región orbital. Es posible que esta diferencia conduzca a una falta de integridad de áreas dentro de la corteza prefrontal y juegue un papel causal en el deterioro cognitivo relacionado con la edad (Tisserand *et al.*, 2001; 2002).

La declinación del funcionamiento cognitivo de nivel elevado relacionado con la edad no necesariamente afecta la creatividad. De hecho, hay evidencia de que la creatividad es muy independiente de otras funciones cognitivas.[30] Un estudio que examinó los efectos del envejecimiento sobre la creatividad en adultos japoneses entre los 25 y los 83 años no encontró diferencias en la fluidez, originalidad de la habilidad de pensamiento, productividad y aplicación de habilidad creativa. Sin embargo, se encontraron diferencias de género en la fluidez y productividad, donde las mujeres obtuvieron mejores puntajes que los hombres. Estos resultados sugieren que ciertas habilidades creativas se mantienen durante todos los años de la etapa adulta.[31]

Además de la experiencia, el buen estado físico [*fitness*] es otro factor que afecta la función cognitiva (ver Capítulo 3). La idea de que el buen estado físico y mental están relacionados es antigua, el poeta Juvenalla expresó en latín cuando dijo "*mens sana in corpore sano*" (es decir, "mente sana en un cuerpo sano"). Una revisión de la literatura sobre los animales ha encontrado razones para el optimismo en la expansión de la función cognitiva (Anderson *et al.*, 2000). Además, un reciente metaanálisis de los datos longitudinales existentes sugiere una asociación sólida y positiva entre el buen estado expandido y la vitalidad cognitiva en los seres humanos, en especial en los procesos ejecutivos (por ejemplo: el manejo o control de los procesos mentales). Los datos que han surgido sugieren que las regiones del cerebro asociadas con los procesos

30 Jellemer Jolles, 2ª reunión de Lifelong Learning Network del CERI, Tokio, 2003.
31 Hideaki Koizumi, 3ª reunión de Lifelong Learning Network del CERI, Tokio, 2004.

ejecutivos y la memoria, como la corteza frontal y el hipocampo, muestran una declinación significativamente relacionada con la edad, mayor que en otras regiones. Tal declinación puede ser retardada si se tiene un buen estado físico. En particular, se ha mostrado que la mejora en la tarea está positivamente correlacionado con la función cardiovascular. Los estudios de entrenamiento [*training*] específico también muestran resultados positivos para la orientación espacial, el razonamiento inductivo y las actividades de cambios complejos de tarea, como la conducción de vehículos. En general, existe una creciente evidencia de que las intervenciones comportamentales, incluyendo el buen estado expandido y el aprendizaje, pueden contribuir a mejoras en el desempeño, incluso en una edad avanzada. Una cuestión importante para el futuro es la aplicabilidad de estos resultados fuera del laboratorio.

Combatiendo la función cerebral dañada

Otra demostración de la flexibilidad del cerebro es la reorganización funcional después de un daño serio. Existe el caso de un bebé cuya corteza cerebral no se había formado adecuadamente. Como ésta es la parte del cerebro responsable de todas las formas de experiencia consciente, incluyendo la percepción, la emoción, el pensamiento y la planificación, el bebé estaba en un estado vegetativo. El diagnóstico normal era que el bebé era incapaz de ver y oír, y que no podía hacerse nada. Sin embargo, los padres estaban convencidos de que el bebé veía algo, de manera que a los 14 meses su cerebro fue examinado, usando tomografía óptica, y ésta reveló que el área visual primaria en el lóbulo occipital estaba activa. Este ejemplo muestra cuán flexible es el cerebro a esta edad temprana, adaptándose al ambiente y compensando por las funciones perdidas del cerebro (Koizumi, 2004). Una mayor comprensión de este mecanismo compensatorio podría contribuir a tratamientos eficientes tempranos y a la rehabilitación a continuación de un daño cerebral, como el estudio de tres años recientemente inaugurado en el Reino Unido que estudia a 60 niños de 10 a 16 años, en busca de la influencia de las lesiones cerebrales en el habla y en las habilidades de aprendizaje, y cómo puede el cerebro compensar por lesiones a partir de reorganización (*Action Medical Research*, 2005).

También existe evidencia de que los cerebros dañados de los adultos muestran plasticidad. La capacidad del lenguaje en el hemisferio

dominante perdido por causa de un derrame cerebral [*stroke*] ha sido recuperada por el hemisferio dominante cerca de un año después de la lesión y algunos estudios han mostrado que la reorganización puede ocurrir dentro de los dos meses de la lesión entre personas mayores y recuperarse la hemiparesis después de un ataque (Kato *et al.*, 2002; Koizumi, 2004).

Desórdenes neurodegenerativos

Uno de los desafíos serios de las sociedades en envejecimiento, en las cuales la expectativa de vida se ha extendido a más de 80 años, son los desórdenes relacionados con la edad, tales como la enfermedad de Alzheimer. El desorden neurodegenerativo se siente con más agudeza, en términos de la función cognitiva, con el envejecimiento. Tal enfermedad priva a los individuos de su sentido de sí mismos, y priva a las sociedades de la experiencia y sabiduría acumuladas. Con el envejecimiento de las poblaciones este problema aumentará.

Al mismo tiempo que la investigación sobre los procesos del envejecimiento está en constante progreso, hay un cuerpo de conocimiento acumulado de investigación sobre el cerebro que envejece centrado en los modelos de las enfermedades, motivado en parte por el inmenso costo para la sociedad de las enfermedades neurodegenerativas. Éste es un problema que va en incremento, ya que en el año 2001 se estimaba en 18 millones las personas a escala mundial con la enfermedad de Alzheimer, que casi se duplicará hacia el año 2025 a 34 millones. Debido a que la enfermedad de Alzheimer es un desorden neurodegenerativo crónico y progresivo, el costo de atender a estos pacientes es enorme (World Health Organization, 2001).[32] Hay esperanzas reales de un diagnóstico temprano e intervenciones apropiadas para diferir el comienzo o dilatar la aceleración de las enfermedades degenerativas en la edad avanzada. El aprendizaje continuo promete un conjunto de estrategias especialmente efectivas para combatir la senilidad y condiciones como la enfermedad de Alzheimer. El foco sobre la degeneración también proporciona ideas importantes acerca del cerebro que funciona de manera normal.

[32] En Estados Unidos se estimó que, en el año 2000, el costo nacional directo y total (directo e indirecto) era de aproximadamente 536 mil millones y 1,75 billones de dólares respectivamente. No hay información detallada disponible para otros países (World Health Organization, 2001).

La enfermedad de Alzheimer es responsable de daño irreversible al cerebro. Por lo general, los síntomas se inician en la edad adulta tardía e involucran defectos pronunciados en la función cognitiva, la memoria, el lenguaje y las habilidades de la percepción. La patología asociada con la enfermedad de Alzheimer es la formación de placas en el cerebro. Estos cambios son evidentes sobre todo en el hipocampo, una parte del "sistema límbico" también involucrado de manera crucial en la memoria de corto plazo (y en el envío a la corteza de nuevos materiales para su almacenamiento en la memoria de largo plazo). Como todavía no hay métodos confiables para detectar la enfermedad de Alzheimer, su aparición temprana puede ser diagnosticada de mejor manera, ya sea por medio del comportamiento o a través de pruebas genéticas. El diagnóstico comportamental del inicio temprano de la enfermedad es difícil, ya que se sabe muy poco acerca de los cambios cognitivos asociados con el envejecimiento normal: las funciones cognitivas que declinan con la edad se traslapan y son semejantes a las de los síntomas preclínicos de la enfermedad de Alzheimer.

Hay quienes creen que sería rentable dirigir los recursos de investigación al estudio de la atención para detectar de forma precoz el inicio de la enfermedad de Alzheimer y esto se debe por lo menos a dos razones: primero, las funciones atencionales se ven perjudicadas, incluso en casos de afecciones leves, lo cual proporciona una posible alerta temprana valiosa. En segundo lugar, una importante disfunción de la enfermedad de Alzheimer ocurre en la memoria, la cual a menudo puede ser abordada por el estudio de la atención (ver Cuadro 3.2.). Los sistemas neuronales que median entre las funciones atencionales están relativamente bien comprendidos, ya que han sido muy estudiados. Dos aspectos de la atención selectiva espacial –la variabilidad atencional y la magnitud espacial– se encuentran disminuidos de forma notable en las etapas tempranas de la enfermedad de Alzheimer. Por lo tanto, las tareas que evalúan estas funciones pueden ofrecer diagnósticos tempranos de utilidad. Los estudios que involucran el potencial cerebral relacionado con eventos (ERP, sigla en inglés; PRE en castellano), Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) [*Positron Emission Tomography, PET*], e Imagenología por Resonancia Magnética Funcional (IRMf) [*Magnetic Resonance Imaging, fMRI*] indican que de hecho las tareas atencionales proporcionan pruebas del comportamiento sensibles a la disfunción temprana.

Otro enfoque para la detección temprana de la enfermedad de Alzheimer es el de identificar adultos sin síntomas aparentes que se encuentren bajo riesgo genético de desarrollarlo. Los estudios recientes implican la herencia del gen de la apolipoproteína E (APOE) en el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer.[33] En comparación con aquéllos sin el alelo e4, los portadores del e4 exhiben déficits atencionales espaciales cualitativamente semejantes a los indicados por pacientes con la enfermedad de Alzheimer diagnosticados clínicamente. Tales déficits incluyen un incremento de la desconexión atencional y una disminución en la habilidad de atención de la magnitud espacial. Estos déficits pueden aparecer en adultos sin síntomas, de otra manera sanos, tan temprano como a los 50 años de edad.

Los indicadores genéticos y del comportamiento pueden llevar al desarrollo y la prueba de nuevos indicadores para predecir disminuciones cognitivas severas en adultos mayores. Equipados con una evidencia diagnóstica perfeccionada es posible desarrollar tratamientos e intervenciones farmacológicos y del comportamiento para aumentar la función cognitiva en adultos. Los beneficios del entrenamiento en alerta y vigilancia (señales atencionales) han mostrado que reducen los síntomas de la enfermedad de Alzheimer al disminuir los déficits de la atención, y al aumentar el aprendizaje en los adultos sanos y en pacientes con la enfermedad de Alzheimer. Tales intervenciones son promisorias ya que la estructura fina de las conexiones sinápticas en el cerebro no está bajo control genético directo, sino que está moldeada y remodelada por la experiencia a lo largo del ciclo vital.

La enfermedad de Alzheimer también puede conducir a la depresión,[34] que es una afección asociada a una gama de síntomas que incluyen falta de energía, concentración e interés; insomnio; pérdida del apetito; y la incapacidad de experimentar placer (anhedonia). Identificar las causas de una depresión en los adultos mayores es más complicado, en comparación con la que encontramos en las personas más jóvenes, y por lo

[33] El gen APOE es heredado como uno de los tres aleles, e2, e3 y e4, con el alele e4 asociado con mayor riesgo de desarrollar la enfermedad de Alzheimer (Greenwood *et al.*, 2000).

[34] Otros desórdenes, tales como la enfermedad de Parkinson y las embolias, también pueden conducir a la depresión.

tanto es más difícil de tratar. Al igual que con otros desórdenes relacionados con la edad, la depresión senil impone una carga importante, en salud y social; hoy día, la depresión entre los ancianos es la segunda enfermedad mental más frecuente, a continuación de la demencia. Una importante diferencia entre la depresión en los diferentes grupos de edad es la menor contribución genética a la enfermedad en los ancianos. Además de las causas orgánicas anotadas antes, la depresión entre las personas mayores puede deberse en algunos casos a estar privados de roles sociales, a la pérdida de personas cercanas e importantes y a la declinación en sus capacidades económica, física y psicológica.

Recientemente ha habido un desarrollo prometedor en la superación de los desórdenes neurodegenerativos en Japón. La terapia del aprendizaje (ver Cuadro 2.1.), desarrollada y experimentada en Fukuoka, Japón, es un camino posible para contrarrestar la disminución de las funciones cerebrales.

Si bien muchas de las funciones cognitivas disminuyen con la edad, es importante reconocer que no todas las funciones se pierden con ella. Mientras más oportunidades haya para que las personas mayores y ancianas continúen aprendiendo y empleen sus conocimientos, mejor será el resultado en diferir la aparición o retardar el aceleramiento de las enfermedades neurodegenerativas. Por lo tanto, el fomento del aprendizaje adulto es importante, ya que de otra forma podría detenerse en la gente mayor. La sociedad también debería encargarse de que la gente mayor no se vea privada de repente de sus roles sociales, del empleo y de su sentido de autoestima, por ejemplo, y proporcionar formas para que la contribución de la cohorte de la "tercera edad" sea celebrada y empleada. Animarlos a proporcionar orientación a la gente más joven, con beneficio mutuo, también puede ayudar a abordar la depresión en este grupo de edad (el Cuadro 2.2. resume los principales temas tratados en esta sección).

Cuadro 2.1. La terapia del aprendizaje (Japón)

Se han efectuado enormes inversiones a fin de comprender mejor y combatir los desórdenes neurodegenerativos. Uno de los métodos exitosos de intervención desarrollados para la demencia senil es la terapia del aprendizaje de Japón. Es un método de intervención basado en el conocimiento de la ciencia del cerebro acerca del funcionamiento de la corteza prefrontal, la imagenología cerebral funcional y las características de la corteza prefrontal. Tiene como fin "mejorar las funciones mentales del aprendiz –la cognición prefrontal, la comunicación, las necesidades personales de independencia y otras– mediante el estudio, a medida que el aprendiz y el instructor se comunican, empleando en forma conjunta materiales centrados en la lectura en voz alta y en cálculos" (Kawashima *et al.*, 2005). Este trabajo sugiere que las personas ancianas que han desarrollado demencia senil pueden continuar aprendiendo siempre que se ponga a su disposición el material y ambiente correctos.

Entre las funciones de la corteza prefrontal, las más relevantes para la intervención en la demencia son la comunicación, independencia y la memoria a corto plazo. La idea básica de la terapia del aprendizaje es que mejorando estas funciones de la corteza prefrontal aquellos que hayan desarrollado demencia senil serían capaces de participar en actividades sociales sin importar su enfermedad. En vez de intentar curar la demencia, se enfoca en permitir que los pacientes participen nuevamente en actividades sociales.

Las tecnologías de imagenología del cerebro han permitido a los investigadores observar cómo reaccionan ante diferentes tareas los cerebros de aquéllos con demencia senil. Luego de varios años de investigación, los resultados indican que tareas tan simples como la lectura en voz alta y el cálculo aritmético activan de manera amplia al cerebro, incluyendo la corteza prefrontal, en ambos hemisferios: izquierdo y derecho. El principio fundamental de la terapia del aprendizaje es el de seleccionar y repetir cada día una tarea muy simple que active al cerebro. Las tareas deben ser lo suficientemente simples como para que las personas que están empezando a desarrollar la enfermedad de Alzheimer puedan trabajar en ellas. Por lo regular, en la medida que el aprendizaje progresa, la cantidad de actividad cerebral disminuye. Sin embargo, la clave de la terapia del aprendizaje es la selección de tareas simples de manera que la actividad del cerebro no disminuya luego de ser repetidas varias veces. En la terapia del aprendizaje se usan dos tareas que cumplen con estas condiciones, que son la lectura en voz alta y el cálculo simple.

El estudio de la gente con demencia que sigue la terapia del aprendizaje ha mostrado efectos positivos, basados en la comparación de un grupo con demencia senil que había seguido la terapia del aprendizaje durante 20 minutos diarios por 18 meses, con un grupo que no lo hizo. Aquellos que siguieron la terapia del aprendizaje mostraron un incremento en el funcionamiento de la corteza prefrontal, mientras que éste disminuyó en el otro grupo. Luego de 18 meses había una clara diferencia entre aquellos que habían estudiado y aquellos que no lo habían hecho. Aún más, la habilidad de llevar a cabo lo necesario para la vida diaria se mantuvo en el grupo que estudió, en comparación con la disminución en el otro.

Aparte de la selección de tareas, también se requiere de condiciones apropiadas a fin de que tenga lugar el aprendizaje. A menudo, el ambiente no es el apropiado y por lo tanto parece tentador creer que los ancianos no pueden aprender. Una de las claves para el éxito de la terapia del aprendizaje es el desarrollo del material adecuado y el ambiente de aprendizaje. Algunas veces se necesita tratar los problemas sensoriales periféricos con el fin de impedir que las funciones cerebrales queden aisladas; de otra forma se deteriorarían (OECD/CERI "*Lifelong Learning Network Meeting*" ["Reunión de Red de Aprendizaje Continuo"], Tokio, 2005). Debería agregarse la importancia de la comunicación a lo largo del proceso de aprendizaje: la retroalimentación inmediata y el reconocimiento del logro del alumno es también una parte esencial de la terapia del aprendizaje.

Tabla 2.2. Funcionamiento del cerebro en declinación o dañado y posibles respuestas

	Adultos	Ancianos
Parte del cerebro que declina	Corteza prefrontal Hipocampo	Corteza prefrontal Hipocampo (formación de placas seniles)
Proceso cognitivo que declina	Funcionamiento cognitivo de orden superior Ineficiencia en el procesamiento de información nueva Aumento del olvido Falta de atención y concentración Disminución del potencial de aprendizaje	Funcionamiento cognitivo Memoria Lenguaje Habilidades perceptuales Comunicación
Desórdenes	Depresión	Demencia senil (incluyendo la enfermedad de Alzheimer) Depresión
Cómo recuperar, impedir o reducir la velocidad de la declinación	Buen estado físico Aprendizaje	Tareas atencionales (alerta, vigilancia) para aquellos detectados de manera temprana con Alzheimer Aprendizaje (incluyendo la terapia del aprendizaje) para enfrentar la demencia

Conclusiones

Los neurocientíficos han establecido de manera fehaciente que el cerebro tiene una capacidad altamente resistente y bien desarrollada para cambiar en respuesta a las demandas ambientales –*plasticidad*– creando y reforzando algunas conexiones neuronales y debilitando o eliminando otras. La plasticidad es una característica fundamental del cerebro a lo largo de la vida. Hay períodos óptimos o "períodos sensibles" durante los cuales un aprendizaje en particular es más efectivo, a pesar de que esta plasticidad dura toda la vida. Para estímulos sensoriales, tales como los sonidos del habla, y para ciertas experiencias emocionales y cognitivas, tales como la exposición al lenguaje, hay períodos sensibles tempranos y relativamente cerrados o restringidos. Otras habilidades, como la adquisición del lenguaje, no pasan por períodos sensibles y pueden aprenderse igualmente bien en cualquier momento a lo largo del ciclo vital.

Ahora, la neuroimagenología nos indica que el cerebro adolescente está lejos de su madurez y experimenta amplios cambios estructurales hasta bien pasada la pubertad. La adolescencia es un período en extremo

importante, en términos del desarrollo emocional, parcialmente debido a un incremento de las hormonas en el cerebro; la aún subdesarrollada corteza prefrontal puede ser una explicación de su inestable comportamiento. En los adultos mayores, la fluidez o experiencia en una tarea puede reducir los niveles de actividad cerebral –en un sentido esto significa mayor eficiencia de procesamiento–. Pero el cerebro también declina mientras menos lo usamos y con la edad. Los estudios han indicado que el aprendizaje puede ser una manera efectiva de contrarrestar la disminución del funcionamiento del cerebro: mientras más oportunidades haya para que las personas mayores y los ancianos continúen aprendiendo, más probabilidades hay de dilatar el comienzo o de retrasar la aceleración de las enfermedades neurodegenerativas.

La comprensión de cómo aprende y madura el cerebro puede dar información para el diseño de una enseñanza y de un aprendizaje más efectivo y adecuado a la edad, tanto para niños como para adultos. Una comprensión de los procesos del envejecimiento del cerebro puede ayudar a que los individuos mantengan el funcionamiento cognitivo a lo largo de toda la vida. Se está formando una concepción importante y científicamente informada del aprendizaje.

Bibliografía

Action Medical Research (2005), "Speech and Language in Children Born Preterm", *www.action.org.uk/research_projects/grant/261/*.

Allgood-Merten, B., P.M. Lewinsohn y H. Hops (1990), "Sex Differences in Adolescent Depression", *Journal of Abnormal Psychology*, vol. 99, núm. 1, pp. 55-63.

Anderson, B.J., D.N. Rapp, D.H. Baek, D.P. McCloskey, P.S. Coburn-Litvak y J.K. Robinson (2000), "Exercise Influences Spatial Learning in the Radial Arm Maze", *Physiol Behav*, vol. 70, núm. 5, pp. 425-429.

Baird, A.A., S.A. Gruber, D.A. Fein, L.C. Maas, R.J. Steingard, P.F. Renshaw, B.M. Cohen y D.A. Yurgelun-Todd (1999), "Functional Magnetic Resonance Imaging of Facial Affect Recognition in Children and Adolescents", *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, vol. 38, núm. 2, pp. 195-199.

BBC News (2005), "Meditation 'Brain Training' Clues", 13 de junio, *http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/4613759.stm.*

Bjork, J.M., B. Knutson, G.W. Fong, D.M. Caggiano, S.M. Bennett y D.W. Hommer (2004), "Incentive-Elicited Brain Activation in Adolescents: Similarities and Differences from Young Adults", *Journal of Neuroscience*, vol. 24, núm. 8, pp. 1793-1802.

Blanton, R.E., J.G. Levitt, J.R. Peterson, D. Fadale, M.L. Sporty, M. Lee, D. To, E.C. Mormino, P.M. Thompson, J.T. McCracken y A.W. Toga (2004), "Gender Differences in the Left Inferior Frontal Gyrus in Normal Children", *Neuroimage*, vol. 22, núm. 2, pp. 626-636.

Bruer, J.T. (1999), *The Myth of the First Three Years*, Free Press, Nueva York.

Cheour, M., O. Martynova, R. Näätänen, R. Erkkola, M. Sillanpää, P. Kero, A. Raz, M.L. Kaipio, J. Hiltunen, O. Aaltonen, J. Savela y H. Hämäläinen (2002a), "Speech Sounds Learned by Sleeping Newborns", *Nature*, vol. 415, núm. 6872, pp. 599-600.

Cheour, M., A. Shestakova, P. Alku, R. Ceponiene y R. Näätänen (2002b), "Mismatch Negativity Shows that 3-6-year-old Children Can Learn to Discriminate Non-native Speech Sounds within Two Months", *Neuroscience Letters*, vol. 325, núm. 3, pp. 187-190.

Coffield (2005), "It Takes Two to Tango", ponencia escrita a petición de CERI en preparación para la cuarta reunión de CERI's Lifelong Learning Network, Wako-shi, 2004.

Dehaene, S. (1997), *The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics*, Oxford University Press, Nueva York.

Giedd, J.N. (2004), "Structural Magnetic Resonance Imaging of the Adolescent Brain", *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1021, pp. 77-85.

Giedd, J.N., J. Blumenthal, N.O. Jeffries, F.X. Castellanos, H. Liu, A. Zijdenbos, T. Paus, A.C. Evans y J.L. Rapoport (1999), "Brain Development during Childhood and Adolescence: A Longitudinal MRI Study", *Nature Neuroscience*, vol. 2, pp. 861-863.

Gopnik, A. (2000), "Cognitive Development and Learning Sciences: State of the Art", presentación del primer foro de CERI sobre "mecanismos del cerebro y el aprendizaje temprano", Sackler Institute, Nueva York, 17 de junio.

Goswami, U. (2004), "Neuroscience, Education and Special Education", *British Journal of Special Education*, vol. 31, núm. 4, pp. 175-183.

Greenwood, P.M., T. Sunderland, J. Friz y R. Parasuraman (2000), "Genetics and Visual Attention: Selective Deficits in Healthy Adult Carriers of the e4 Allele of the Apolipoprotein E gene", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 97, pp. 11661-11666.

Hoyert, D.L., K.D. Kochanek y S.L. Murphy (1999), *National Vital Statistics Report, Vol. 47, No. 19, Deaths: Final Data for 1997*, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, National Vital Statistics System, Hyattsville, MD.

Johnson, M.H. (1997), *Developmental Cognitive Neuroscience: An Introduction*, Blackwell, Oxford.

Kandel, E.R., J.H. Schwartz y T.M. Jessell (1991), *Principles of Neural Science*, Appleton and Lance, Norwalk, Connecticut, tercera edición.

Kashani, J.H. y D.D. Sherman (1988), "Childhood Depression: Epidemiology, Etiological Models, and Treatment Implications", *Integrated Psychiatry*, vol. 6, pp. 1-8.

Kato, H., M. Izumiyama, H. Koizumi, A. Takahashi y Y. Itoyama (2002), "Near-infrared Spectroscopic Topography as a Tool to Monitor Motor Reorganisation after Hemiparetic Stroke: A Comparison with Functional MRI", *Stroke*, vol. 33, núm. 8, pp. 2032-2036.

Kawashima, R., K. Okita, R. Tamazaki, N. Tajima, H. Yoshida, M. Taira, K. Iwata, T. Sasaki, K. Maeyama, N. Usui y K. Sugimoto (2005), "Reading Aloud and Arithmetic Calculation Improve Frontal Function of People with Dementia", *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 60, pp. 380-384.

Koizumi, H. (2002), "The Scope of the Symposium 8th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain", 2-6 de junio, Sendai, Japón.

Koizumi, H. (2003), "Science of Learning and Education: An Approach with Brain-function Imaging", *No To Hattatsu*, vol. 35, núm. 2, pp. 126-129.

Koizumi, H. (2004), "The Concept of 'Developing the Brain': A New Natural Science for Learning and Education", *Brain and Development*, vol. 26, núm. 7, pp. 434-441.

Kozorovitsky, Y., C.G. Gross, C. Kopil, L. Battaglia, M. McBreen, A.M. Stranahan y E. Gould (2005), "Experience Induces Structural and

Biochemical Changes in the Adult Primate Brain", Proceedings of the National *Academy of Sciences*, vol. 102, núm. 48, pp. 17478-17482.

Kuhl, P.K. (1979), "Speech Perception in Early Infancy: Perceptual Constancy for Spectrally Dissimilar Vowel Categories", *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 66, pp. 1668-1679.

Lipton, L. (2001), "Schizophrenia: A 'Wave' of Cortical Changes", *Neuropsychiatry Reviews*, vol. 2, núm. 8, octubre.

Maguire, E.A., D.G. Gadian, I.S. Johnsrude, C.D. Good, J. Ashburner, R.S. Frackowiak y C.D. Frith (2000), "Navigation-related Structural Change in the Hippocampi of Taxi Drivers", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 97, núm. 8, pp. 4398-4403.

McCandliss (2000), "Cortical Circuitry of Word Reading", ponencia presentada en el primer foro de CERI sobre "mecanismos del cerebro y el aprendizaje temprano", Sackler Institute, Nueva York, 17 de junio.

McCrink, K. y K. Wynn (2004), "Large-number Addition and Subtraction by 9-month-old in Infants", *Psychological Science*, vol. 15, pp. 776-781.

Moffitt, T.E. (1993), "Adolescence-Limited and Life-Course-Persistent Antisocial Behaviour: A Developmental Taxonomy", *Psychological Review*, vol. 100, núm. 4, pp. 674-701.

Neville, H. (2000), "Brain Mechanisms of First and Second Language Acquisition", ponencia presentada en el primer foro de CERI sobre "mecanismos del cerebro y el aprendizaje temprano", Sackler Institute, Nueva York, 17 de junio.

New York Times (2003), "Is Buddhism Good for Your Health?", S.S. Hall, 14 de septiembre.

Nolen-Hoeksema, S. y J.S. Girgus (1994), "The Emergence of Gender Differences in Depression during Adolescence", *Psychological Bulletin*, vol. 115, núm. 3, pp. 424-443.

OECD (2000), reporte sobre el primer foro de alto nivel sobre "mecanismos del cerebro y el aprendizaje temprano", Sackler Institute, Nueva York, 16-17 de junio.

OECD (2001), reporte sobre el segundo foro de alto nivel sobre "mecanismos del cerebro y el aprendizaje temprano", Universidad de Granada, España, 1-3 de febrero.

OECD (2002), "Learning Sciences and Brain Research: Report of the Launching Meeting of Phase II", Royal Institution, Londres, 29-30 de abril, pp. 7-8, *www.oecd.org/dataoecd/40/36/15304667.pdf.*

OECD (2005), Report on the Third Lifelong Learning Network meeting, 20-22 de enero, Wako-shi, Japón.

Park, D.C., T. Polk, J. Mikels, S.F. Taylor y C. Marshuetz (2001), "Cerebral Aging: Integration of Brain and Behavioral Models of Cognitive Function", *Dialogues in Clinical Neuroscience*, vol. 3, pp. 151-165.

Pena, M., A. Maki, D. Kovacic, G. Dehaene-Lambertz, H. Koizumi, F. Bouquet y J. Mehler (2003), "Sounds and Silence: An Optical Topography Study of Language Recognition at Birth", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 100, núm. 20, pp. 11702-11705.

Polk, T.A. y M. Farah (1995), "Late Experience Alters Vision", *Nature*, vol. 376, núm. 6542, pp. 648-649.

Sebastián Gallés, Núria (2004), "A Primer on Learning: A Brief Introduction from the Neurosciences", de la ponencia presentada en la Conferencia del Cerebro Social, que se llevó a cabo en Barcelona, 17-20 de julio, *www.ub.es/pbasic/sppb/.*

Servan-Schreiber, D. (2000), en el New York Forum on Brain Mechanisms and Early Learning, Sackler Institute, Nueva York, 16 de junio.

Simos, P.G. y D.L. Molfese (1997), "Electrophysiological Responses from a Temporal Order Continuum in the Newborn Infant", *Neuropsychologia*, vol. 35, pp. 89-98.

Steinberg, L. (2004), "Risk Taking in Adolescence: What Changes, and Why?", *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1021, pp. 51-58.

Stevens, B. y R.D. Fields (2000), "Response of Schwann Cells to Action Potentials in Development", *Science*, vol. 287, núm. 5461, pp. 2267-2271.

Tatsumi, I. (2001), "A PET Activation Study on Retrieval of Proper and Common Nouns in Young and Elderly People", tercer foro de alto nivel, Tokio, Japón, 26-27 de abril.

Terry, R.D., R. DeTeresa y L.A. Hansen (1987), "Neocortical Cell Counts in Normal Human Adult Ageing", *Annuals of Neurology*, vol. 21, núm. 6, pp. 530-539.

Tisserand, D.J., H. Bosma, M.P. van Boxtel y J. Jolles (2001), "Head Size and Cognitive Ability in Nondemented Older Adults are Related", *Neurology*, vol. 56, núm. 7, pp. 969-971.

Tisserand, D.J., J.C. Pruessner, E.J. Sanz Arigita, M.P. van Boxtel, A.C. Evans, J. Jolles y H.B. Uylings (2002), "Regional Frontal Cortical Volumes Decrease Differentially in Aging: An MRI Study to Compare Volumetric Approaches and Voxel-based Morphometry", *Neuroimage*, vol. 17, núm. 2, pp. 657-669.

US National Research Council (1999), *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, J.D. Bransford, A.L. Brown y R.R. Cocking (eds.), National Academy Press, Washington DC.

Wallis, C., K. Dell y A. Park (2004), "What Makes Teens Tick; A Flood of Hormones, Sure", *Time Magazine*, 10 de mayo.

Werker, J.F. y R.C. Tees (2002), "Cross-language Speech Perception: Evidence for Perceptual Re-organisation during the First Year of Life", *Infant Behavior and Development*, vol. 25, pp. 121-133.

World Health Organization (2001), *World Health Report: Mental Health, New Understanding, New Hope*, WHO, Ginebra.

CAPÍTULO 3
El impacto del ambiente sobre el cerebro que aprende

Una persona no nace humano, pero llega a ser uno.
Erasmo

Este capítulo evalúa la evidencia de la investigación del cerebro para comprender cómo el proceso de aprendizaje es mediado por varios factores ambientales incluyendo el ambiente y las interacciones sociales, la nutrición, el ejercicio físico y el sueño. También examina las áreas clave de las emociones y la motivación, relacionando lo que se sabe mediante la neurociencia con los temas educacionales. Tal información es de particular importancia para los padres y profesores que juegan un rol primordial en el ambiente de aprendizaje de los niños. También es de relevancia para los gestores de políticas que ayudan a dar forma y a mantener un ambiente de aprendizaje deseable.

Este capítulo describe las condiciones bajo las cuales el cerebro puede ser estimulado de mejor manera, y, por lo tanto, contribuir a las capacidades de aprendizaje durante el ciclo vital completo. Los descubrimientos que surgen de la investigación del cerebro indican la importancia de la crianza en el proceso del aprendizaje, y están empezando a poner a disposición de los gestores de políticas y los profesionales de aula nueva información acerca del momento apropiado para los diferentes tipos de aprendizaje. Muchos de los enfoques relevantes son materia cotidiana, como asegurar mejores ambientes mentales y físicos, los cuales pueden ser fácilmente pasados por alto por la política educacional. Condicionando nuestras mentes y cuerpos correctamente es posible aprovechar el potencial de plasticidad del cerebro y facilitar los procesos del aprendizaje. La continua investigación sobre el cerebro en esta área habrá de contribuir a una revisión constructiva de los currículos y de la capacitación del profesorado.

Si bien este capítulo resume características comunes que facilitan el proceso del aprendizaje, el proceso óptimo para estimular el cerebro no necesariamente es el mismo para todos. El cerebro es un órgano plástico activo que se adapta con prontitud a su ambiente a lo largo de la vida. Dadas las diferencias en las características genéticas y en el medio ambiente que enfrentan las personas, los cerebros se moldean de forma

distinta. Hay una relación interactiva entre la experiencia y la estructura cerebral: la experiencia ocasiona cambios en la estructura cerebral, la cual influye a su vez en los efectos que la experiencia siguiente tiene sobre el cerebro; por lo tanto, el cerebro experimenta de manera continua un proceso de reorganización dependiente de ella durante toda la vida.

De esta forma, surgen las diferencias de aprendizaje individual como resultado de la interacción continua y acumulativa entre los factores genéticos y sus contextos ambientales. El ambiente influye sobre la expresión de los genes relevantes para el aprendizaje durante el ciclo vital, cuya expresión resulta en cambios estructurales en el cerebro. Luego, estas modificaciones afectan la subsecuente expresión genética suscitada por la experiencia. De esta manera, el cerebro de cada individuo acumula idiosincrasias estructurales que median en los procesos de aprendizaje. Esto significa que es difícil recetar un ambiente ideal de aprendizaje para todos –si bien la estimulación cerebral con sentido habrá de beneficiar a todos, no va a ser necesariamente igualmente efectiva–.[1] Las implicaciones del medio ambiente en el aprendizaje son profundas; las diferencias individuales son moldeadas en forma importante por la experiencia y por ciertos tipos de educación y capacitación. Las agendas de la investigación a futuro necesitan reflexionar sobre los tipos de aprendizaje que tienen el impacto más potente sobre el cerebro y el comportamiento. Es necesario reconocer las diferencias individuales en el aprendizaje y de incluir sus factores al considerar cómo puede ser estimulado el cerebro en las diferentes etapas de la vida.

El desarrollo relativamente reciente de la neurociencia desafía la tradición cartesiana, la cual establece una clara distinción entre la mente y el cuerpo (Damasio, 1994). La salud física y la condición corporal influyen de manera directa sobre las capacidades mentales y viceversa. Este vínculo debería ser considerado en las prácticas educacionales, así como también los factores ambientales que influyen directamente, ya sea en las capacidades físicas o las mentales.

[1] Por ejemplo, el estudio longitudinal holandés de Maastricht, acerca del proceso de envejecimiento, ha proporcionado evidencia de que existen grandes diferencias en el deterioro de varias funciones de la memoria y que el bajo nivel de educación influye mucho más que la edad.

Las interacciones sociales

Hay influencias sociales sobre el cerebro que tienen un impacto directo en su habilidad de funcionar de manera óptima para el aprendizaje. La importancia de las influencias sociales positivas sobre la fisiología y el comportamiento ha sido establecida.

En las dos últimas décadas, los niños han sido reconocidos como buscadores y proveedores de interacción social y comunicación. Aunque gran parte del aprendizaje temprano parece ser automático, requiere un ambiente naturalmente rico y estimulante en el cual la interacción social es muy importante (Blakemore, Winston y Frith, 2004). Un estudio de orfanatos rumanos ha indicado que una falta de nutrición emocional puede conducir a un desorden en los apegos (O'Connor, Bredenkamp y Rutter, 1999). Otro estudio en niños criados en un ambiente social extremo, en el cual se encontraban privados de todos los cuidados normales, encontró que tal privación puede producir cambios relativamente permanentes en la química cerebral, menoscabando la producción de hormonas tales como la oxitocina,[2] que son integrales para el apego y la interacción social. Estos descubrimientos apoyan la visión de que la experiencia social temprana juega un rol crucial en el desarrollo de los sistemas cerebrales que subyacen aspectos clave del comportamiento social (Fries *et al.*, 2005).

El campo relativamente nuevo de la neurociencia social cognitiva ha surgido para el estudio del cerebro en un contexto social, y explora los mecanismos neuronales subyacentes a los procesos cognitivos sociales. El escaneo del cerebro de la gente en pares [*tandem*], en el cual un sujeto no hace más que observar a otro mientras éste hace algo, está abriendo nuevas ventanas a la investigación sobre la neurociencia y la cognición. Las técnicas de imagenología cerebral han mostrado que el acto de observar movimientos en otra persona afecta el sistema motor periférico del observador en los músculos específicos que se usan en los movimientos que son observados (Fadiga *et al.*, 1995). Las investigaciones que emplean el

[2] La oxitocina juega un rol crucial en las situaciones sociales y en la regulación de la conducta emocional. Los estudios realizados en animales han mostrado que niveles aumentados se estimulan por experiencias sensoriales placenteras –caricias confortantes u olores–. A medida que suben los niveles de esta hormona los animales forman vínculos sociales y apegos, y estas memorias quedan enraizadas en sus memorias.

Cuadro 3.1. La nutrición

La importancia de la nutrición para la salud y el bienestar del ser humano está bien clara. Tiene implicaciones directas para la salud física y en particular en lo que se refiere a cuán bien funciona el cerebro. Podemos incrementar la capacidad de aprendizaje del cerebro por medio de lo que comemos. Por ejemplo, los estudios indican que evitar el desayuno interfiere con la cognición y el aprendizaje. Sin embargo, muchos estudiantes empiezan las clases en la escuela con un desayuno inadecuado o sin haber tomado desayuno.

Un estudio clave emprendido en Estados Unidos examinó los efectos del desayuno escolar en el desempeño académico entre 1.023 estudiantes de familias de bajos ingresos desde el tercer y hasta el quinto año de escolaridad. Los resultados indicaron que los niños que participaron del estudio tuvieron incrementos significativamente mayores en los puntajes generales de pruebas estandarizadas y mostraron mejoras en los puntajes de matemáticas, lectura, y vocabulario. Además, las tasas de ausentismo y de atrasos entre los participantes se redujeron (Meyers *et al.*, 1989). En las escuelas primarias de Minnessota, un estudio piloto de tres años de un Programa de Desayuno Escolar para todos [*Universal School Breakfast Programme*] mostró un aumento general en los puntajes promedio de matemáticas y lectura, y un mejor comportamiento de los alumnos; se redujeron las visitas por la mañana a la enfermería y se incrementaron la asistencia a clases y los puntajes (*Minnessota Department of Children, Families and Learning*, 1998). Otro estudio hizo pruebas a 29 niños a lo largo de la mañana en cuatro días sucesivos, con un desayuno diferente cada día (cereal o un jugo con glucosa o ningún desayuno). Se llevó a cabo una serie de pruebas computarizadas de la atención, memoria operativa y de la memoria episódica secundaria antes del desayuno y luego 30, 90, 150 y 210 minutos más tarde. Tomar el desayuno de jugo con glucosa o ningún desayuno fue seguido de disminución en la atención y la memoria, pero las disminuciones se redujeron significativamente después de un desayuno con cereales. Este estudio demuestra que un desayuno típico de cereales rico en carbohidratos complejos puede ayudar a mantener el desempeño mental a lo largo de la mañana (Wesnes *et al.*, 2003).

Entonces, es esencial tener en cuenta las necesidades nutritivas a lo largo del día y distribuir la ingesta nutritiva considerando estas necesidades. Además, hay 39 elementos vitales que no son producidos por el cuerpo y por lo tanto necesitan ser obtenidos a partir de una fuente dietética (OECD, 2003b).

Un descubrimiento reciente ha confirmado los beneficios de las "penurias" de algunas dietas infantiles a la antigua, como la cucharada de aceite de bacalao. Esta "poción" clásica, tal como el consumo de otros aceites de pescado, es particularmente rica en ácidos grasos altamente insaturados [HUFA, sigla en inglés], hoy en día comúnmente conocidos como ácidos grasos omega-3. Son importantes en especial para el equilibrio hormonal y el sistema inmunológico, ambos de los cuales son cruciales para un cerebro sano. En muchas dietas modernas los ácidos grasos se han tornado relativamente escasos, sin embargo son esenciales para el desarrollo y funcionamiento normales del cerebro. Si bien no es necesario dejarse llevar por el entusiasmo de moda por los ácidos grasos omega-3 antes de que no se tengan estudios del cerebro más amplios que hayan proporcionado evidencia para tales aseveraciones, una prueba controlada de una muestra al azar de 117 niños entre cinco y 12 años de edad con desarrollo de displasia, conocida como Desorden de Coordinación en Desarrollo (DCD) suplementó la dieta con ácidos grasos omega-3 y omega-6 *versus* un placebo. Los resultados indicaron que mientras aparentemente no había ningún efecto del tratamiento activo sobre las habilidades motoras, había mejoras significativas en la lectura, ortografía y en el comportamiento, en un lapso de tres meses bajo tratamiento en grupos paralelos. La conclusión a la cual se llegó fue que la suplementación con ácidos grasos puede ofrecer una opción de tratamiento segura y eficiente para los problemas educativos y del comportamiento en los niños con DCD (Richardson y Montgomery, 2005).

Del mismo modo se llevó a cabo otro estudio en cárceles en el Reino Unido para verificar si la ingesta adecuada de vitaminas, minerales y ácidos grasos esenciales causaba una reducción del comportamiento antisocial, incluyendo la violencia. Así fue el caso y es relevante particularmente para aquellos con dietas pobres (Gesch *et al.*, 2002).

Aunque la evidencia científica indica que una dieta rica en ácidos grasos esenciales y la ingesta de un buen desayuno contribuyen a la buena salud y a una mejora en el aprendizaje, hasta ahora los claros mensajes de esta investigación no han sido extensamente asumidos por las políticas que aseguren su aplicación práctica. Por lo tanto, es necesario aumentar los estudios y aplicar tales descubrimientos al dominio de la educación. La promoción del comportamiento sano entre los alumnos

debería ser una misión fundamental de las escuelas: poner a disposición de la gente joven el conocimiento y las habilidades que requieren para convertirse en adultos sanos y productivos. Esto mejorará su capacidad de aprender; reducirá el ausentismo; y mejorará el estado físico y la alerta mental. Los equipos directivos de las escuelas, los miembros de los Consejos Escolares, los profesores, trabajadores sociales y apoderados deberían ser alentados a buscar información y recursos acerca de la importancia de la nutrición para la salud infantil y su desempeño académico.

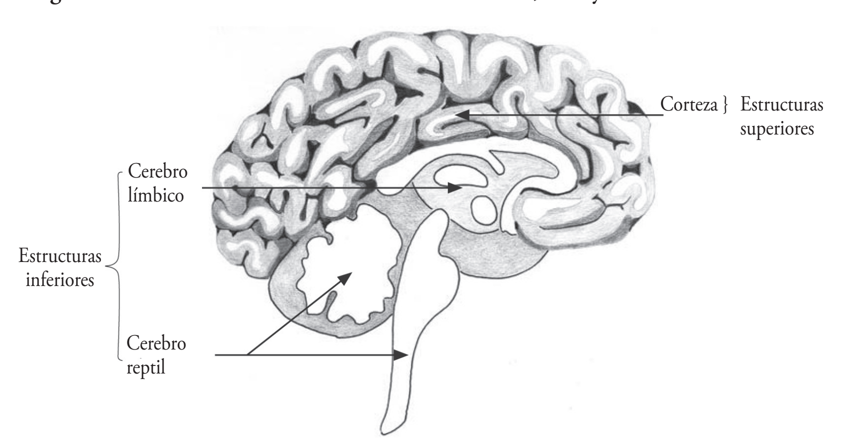
así llamado "sistema de espejos" están buscando identificar la actividad neurofisiológica que subyace la habilidad de entender el sentido de las acciones de uno mismo y de otros. Esta clase de mecanismo puede ser fundamental para varios procesos sociales de order superior, en los cuales las acciones de otros son interpretadas de tal manera como para influir directamente en las acciones de uno mismo. Éste es el caso de la atribución de intenciones a otros y a uno mismo, y de la habilidad de imitar así como también la de enseñar a otros (Blakemore, Winston y Frith, 2004). Otro estudio ejemplar en este campo mira la empatía al escanear a parejas bajo condiciones altamente controladas. Mientras un miembro de la pareja sufría un electroshock, el cerebro del otro era escaneado mientras anticipaba el dolor de su pareja, indicando que las regiones cerebrales activadas por la expectativa del dolor del ser querido se sobreponían con aquellas activadas por la experiencia del dolor propio (Singer *et al.*, 2004).

Los estudios orientados a entender y observar las acciones de otras personas deberían beneficiar el aprendizaje y tener un impacto sobre la educación. Tales estudios aún se encuentran en su infancia y se necesitan más de ellos acerca del tipo de aprendizaje que se requiere en la interacción con otros, cuáles son las emociones que más se manifiestan en el cerebro y el rol que juegan las diferencias culturales. La neurociencia social debería iluminar el papel del profesor, identificando los métodos que impactan más profundamente en el aprendizaje, y explorar cómo la exposición a los medios influye sobre éste. Desde que la investigación neurobiológica ha revelado que las capacidades intelectuales de los estudiantes son influidas por su salud general, es importante que los padres, educadores, trabajadores sociales y gestores de políticas públicas reconozcan la contribución clave para los logros educacionales de la salud general de los estudiantes. También deben ser tomados en cuenta los factores sociales que modelan el contexto emocional del aprendizaje.

La regulación de las emociones

En el centro del cerebro hay un conjunto de estructuras conocidas colectivamente como el *sistema límbico* (ver Figura 3.1.), una parte importante del cual son las *amígdalas* y el *hipocampo.*[3] Históricamente conocida como "el cerebro emocional", esta región tiene conexiones con la corteza frontal. En situaciones de excesivo estrés y temor, el juicio social y el desempeño cognitivo sufren debido a las concesiones de la regulación emocional, incluyendo las respuestas a la recompensa y al riesgo.

Figura 3.1. La estructura interna del cerebro humano, incluyendo el sistema límbico



Fuente: Odile Pavot para la OCDE.

Hace más de dos mil años que Platón declaró que "todo aprendizaje tiene una base emocional", pero sólo recientemente ha empezado a acumularse evidencia que indica que nuestras emociones reesculpen nuestro tejido neuronal. Los expertos en los campos de la neurobiología y de la educación ven ahora al aprendizaje como un intercambio multifacético entre los elementos cognitivos, emocionales y fisiológicos. La diferenciación de los tres es útil para propósitos analíticos, pero en la realidad se encuentran intrincadamente entrelazados respecto del funcionamiento del cerebro y la experiencia de aprendizaje.[4]

3 La palabra *amígdala* se refiere a un conjunto de neuronas con el tamaño y la forma de una almendra, de allí el nombre. La palabra *hipocampo* se refiere a un conjunto de neuronas con la forma aproximada de un caballito de mar, por eso su nombre.

4 El siguiente ejemplo ilustra cómo interactúan la cognición y las emociones: un profesor devuelve un examen cara abajo sobre el escritorio de Ethan, un estudiante de

Las emociones son partes poderosas e inevitables de la vida y del aprendizaje. El manejo de las emociones propias es una de las destrezas o habilidades clave para ser un aprendiz eficaz. La regulación emocional afecta factores complejos que van más allá de la simple expresión de la emoción; las emociones dirigen (o interrumpen) los procesos psicológicos, como la habilidad de enfocar la atención, resolver problemas y mantener relaciones (Cole, Martin y Dennis, 2004). De acuerdo con David Servan-Schreiber, la "competencia o inteligencia emocional se refiere a la propia habilidad de autorregularse, es decir, de reprimir los impulsos e instintos propios, pero también incluye la capacidad de compasión y la habilidad de involucrarse en la cooperación" (OECD, 2002b).

La "regulación emocional" aún no cuenta con una definición reconocida de manera universal:

- Thompson (1994) ha propuesto que es "…los procesos intrínsecos y extrínsecos responsables del monitoreo, la evaluación y modificación de las reacciones emocionales para lograr los propios objetivos".
- Gros (2003) la ha definido como "los procesos mediante los cuales los individuos influyen sobre cuáles emociones tienen, cuándo las tienen y cómo las experimentan y expresan". En esta definición, la regulación emocional incluye: enfrentar la situación, regular el estado de ánimo o la disposición, reparar el estado de ánimo o la disposición, defensa y regulación de los afectos.

educación media. Da vuelta la hoja de manera tal que muestra una F expuesta a su visión. Esto inicia un tango entre las regiones del cerebro afiliadas a los procesos cognitivos y emocionales. Ethan convoca las estructuras corticales para evaluar la situación: esta nota habrá de frustrar sus metas de que le vaya bien en esta clase y de convencer a su madre de que él se merece la mejor tabla para la nieve, para su inminente cumpleaños. Casi simultáneamente, sus regiones cerebrales límbica (esto es la amígdala) y paralímbica (esto es, su corteza insular) lanzan una respuesta emocional y empieza a sentir emociones negativas. Sin embargo, Ethan empieza a regular la situación de manera cognitiva: la despersonaliza, caracterizando el examen como difícil para todos y lo reinterpreta como una prueba que sólo es una contribución parcial a su nota final. Estas estrategias reguladoras se reflejan en un aumento de actividad en las regiones cerebrales implicadas en el control cognitivo y una respuesta atenuada en las áreas del cerebro afiliadas con la respuesta emocional negativa (esto es, la amígdala). La regulación modera la reacción emocional, lo cual refuerza la evaluación cognitiva de que la situación se encuentra dentro de su potencial de capacidad de salir adelante. Esta evaluación conducida de forma cortical se funde con la experiencia en curso y enfría aún más la reacción emocional.

- Cole, Martin y Dennis (2004) definen la regulación emocional como "la interacción dinámica de múltiples sistemas del comportamiento, psicofisiológicos, atencionales y afectivos, que permiten la participación eficaz en el mundo social". Esta definición se refiere a un proceso distinto de la activación emocional.

Si la regulación emocional se puede medir de manera independiente de la emoción misma, esto debería ser aparente también en el cerebro. Los neurocientíficos han intentado estudiar esto mediante el aislamiento del rol de la corteza prefrontal en el procesamiento de las emociones (Ochsner *et al.*, 2004; Eippert *et al.*, 2006). Los estudios de imagenología indican que la activación de la corteza prefrontal está relacionada con la actividad en la amígdala (Lewis y Stieben, 2004). Estos estudios ilustran acerca de la regulación emocional, incluyendo las diferencias individuales y los cambios de desarrollo. En el pasado, la investigación en esta área ha estado basada principalmente en informes de padres y profesores acerca de los procesos emocionales y del comportamiento en los niños. La investigación del cerebro en esta área habrá de ayudar en la identificación de nuevas maneras de medir y regular las emociones.

Los estados emocionales inducidos por el temor o el estrés afectan el aprendizaje y la memoria. Los estudios cerebrales han iluminado cómo bloquean el aprendizaje las emociones negativas y han identificado que la amígdala, el hipocampo y las hormonas del estrés (glucocorticoides, epinefrina y norepinefrina), juegan un papel crucial en la mediación de los efectos de las emociones negativas, como el temor y el estrés, sobre el aprendizaje y la memoria. También ocurren de forma simultánea eventos corporales, como el aumento de la tasa de pulsaciones, transpiración y niveles elevados de adrenalina (Damasio 1994; LeDoux, 2000), que a su vez influyen sobre la actividad cortical. Algún nivel de estrés es esencial para una adaptación óptima a los desafíos ambientales y puede llevar a una mejor cognición y aprendizaje, pero más allá de este nivel puede ser dañino, física y mentalmente.

El estrés es provocado por exigencias muy grandes sobre los sistemas motores o cognitivos, las cuales se sienten a nivel emocional. Por ejemplo, si uno se encuentra en la calle con una persona enmascarada y armada, lo cual en circunstancias normales es una situación peligrosa y estresante, el cerebro registra el peligro rápidamente y prepara los sistemas

cognitivo y motor para la supervivencia. Un conjunto de reacciones a la persona armada (estresador) componen la respuesta al estrés: aumentan la vigilancia y la atención, y el cuerpo se prepara para pelear o escapar; aumentan la tasa de pulsaciones y la presión sanguínea. Al mismo tiempo, los procesos de digestión, del crecimiento y la reproducción se hacen más lentos, ya que estas funciones no son necesarias para la supervivencia inmediata y pueden ser retardadas sin daño para el organismo. Esta respuesta al estrés está regulada por hormonas, epinefrina y norepinefrina, que son secretadas en milisegundos. La secreción de cortisol sigue segundos después. Estas hormonas actúan sobre el cerebro y por lo tanto modulan la cognición, en especial influyen sobre el aprendizaje y la memoria.[5] Gracias a Dios, toparse con un hombre enmascarado y armado en el aula es muy raro. Pero otras fuentes menos extremas de estrés pueden tener un impacto paralelo –por ejemplo, profesores agresivos, estudiantes matones o materiales educativos incomprensibles, ya sea libros o computadoras–. Si los alumnos se encuentran con situaciones que disparan miedo o estrés, sus funciones cognitivas son afectadas.

Se requiere mayor investigación, empleando estudios psicológicos, neurofarmacológicos y de neuroimagenología, sobre los mecanismos neurobiológicos que sustentan los efectos del estrés sobre el aprendizaje y la memoria y de los factores que pueden reducirlo o regularlo. La identificación de medidas preventivas contra el estrés perjudicial requiere de investigación acerca de cómo las personas lidian mejor contra los estresores y por lo tanto mantienen e incluso aumentan su desempeño cognitivo. Una medida de prevención conocida podría ser la actividad física (ver el Cuadro 3.3.). En un estudio reciente, se encontró que los deportistas de élite exhiben una respuesta más baja de estrés psicológico (menor ansiedad, mayor calma) al mismo tiempo que una respuesta fisiológica al estrés menor (medida por nivel de cortisol) a un estresor

[5] A partir de investigaciones sobre los niveles de la hormona del estrés cortisol, se puede establecer la hipótesis –de acuerdo con los descubrimientos de estudios sobre animales– de que niveles bajos y medios de cortisol mejoran el aprendizaje y aumentan la memoria, mientras que niveles elevados de cortisol tienen un efecto nocivo sobre el aprendizaje y la memoria (McEwen y Sapolsky, 1995). Esta hipótesis es sustentada aún más por el descubrimiento de que los niveles de cortisol extremadamente o crónicamente elevados, como ocurre con algunas enfermedades o bajo estrés prolongado, conducen a déficits cognitivos y al deterioro de la memoria en animales, así como también en humanos (McEwen y Sapolsky, 1995).

psicosocial[6] (Rimmele *et al.*, 2007b). Un mayor conocimiento de los mecanismos de la modulación neurobiológica de la memoria por parte de las hormonas del estrés y de la amígdala, y de sus posibles manipulaciones fisiológicas y cognitivas, sería claramente relevante para la educación. Esto es cierto en especial en las sociedades donde las presiones para ser exitosos son intensas y las influencias negativas a través de los medios pueden ocasionar graves problemas con el aprendizaje, así como también con la estabilidad emocional de los niños (¡si no de los adultos!).

6 Otro tema distinto es si estos efectos de los atletas de alto nivel son transferibles a otros que no son deportistas profesionales.

Cuadro 3.2. La atención observada a través de lentes neurocientíficos como un sistema orgánico

La atención siempre ha sido un tópico importante en la psicología y en la educación porque trata de los mecanismos de la experiencia subjetiva y del control voluntario. Sólo a partir de la aparición de la neuroimagenología ha sido posible ver la atención como un sistema orgánico con anatomía propia. Los estudios de imagenología han indicado que las diferentes funciones de la atención, como la mantención del estado de alerta, la orientación hacia la información sensorial y la resolución de conflictos entre pensamientos o sentimientos en competencia se llevan a cabo por parte de redes diferentes de áreas neuronales. ¿Qué queremos decir por red? La imagenología del desempeño de las tareas humanas ha indicado que se deben armonizar áreas separadas del cerebro, incluso para las tareas más simples. Cada una de estas áreas puede estar desempeñando una computación diferente, las cuales, tomadas en su conjunto, permiten realizar la tarea. Consideramos al conjunto de activaciones y sus conexiones como la red que sustenta el desempeño de la tarea.

Las redes atencionales son especiales en cuanto a que su propósito principal es el de influir la operación de otras redes del cerebro. Aunque los sitios en los cuales la influencia de las redes atencionales puede ser demostrada involucran casi cualquier área del cerebro, incluyendo la sensorial primaria, el sistema límbico y la corteza motora, las fuentes de estas activaciones son mucho más limitadas.

La orientación a eventos sensoriales ha sido la red estudiada más exhaustivamente de todas estas redes. La convergencia sobre el conjunto de áreas del cerebro que sirven como la fuente de la amplificación de señales sensoriales ha sido impresionante. Hay amplio acuerdo en que las áreas frontales de la visión trabajan en conjunto con las áreas parietales superiores e inferiores, como los nodos corticales de la red de orientación. Además, los estudios han involucrado algunas áreas subcorticales, incluyendo la pulvinar del tálamo y el *colliculus* superior. La mayoría de los estudios de esta red han involucrado estímulos visuales, pero las fuentes de influencias de la atención en orientar a otras modalidades son casi las mismas. Por supuesto, el lugar de la amplificación de este mensaje sensorial es bastante diferente para cada una de las modalidades sensoriales.

A la fecha, la evidencia sugiere que la alerta mantenida durante el desempeño de una tarea (tónica) y los cambios de fase inducidos por una señal de alarma involucran una estructura subcortical –el *locus* o núcleo cerúleo– que es la fuente de la norepinefrina del cerebro. Una gran cantidad de evidencia indica que el estado tónico depende de un hemisferio cerebral derecho intacto. Las lesiones en este hemisferio pueden producir profundas dificultades en la respuesta a objetivos inesperados. Los estudios de técnicas de imagenología sugieren que las señales de advertencia pueden tener su influencia con más fuerza en el hemisferio cerebral izquierdo.

A menudo las tareas que involucran conflicto entre dimensiones de estímulos, que compiten por el control de la producción, proporcionan activación en el giro cingulado anterior y en las áreas prefrontales laterales. Se piensa que el conflicto, inducido por un estímulo, es representativo de situaciones donde diferentes redes neuronales compiten por el control de la conciencia o de la producción. Debido a esto se ha empleado el término “red atencional ejecutiva”, ya que la red regula la actividad de otras redes cerebrales involucradas en el pensamiento y en la emoción. Esta red evidencia un fuerte desarrollo en la infancia y su maduración está relacionada con lo que en la psicología del desarrollo se denomina *autorregulación*. Así esta red es crítica en particular para la habilidad de tener éxito en la escuela.

Invariablemente las diferencias individuales se encuentran en las tareas cognitivas que involucran la atención. La prueba de red atencional fue desarrollada para evaluar la eficiencia de cada una de las tres redes. La investigación, a la fecha, ha sugerido que cada red tiene su propia anatomía distintiva, neuromoduladores químicos dominantes, y un tiempo del curso de desarrollo. Los estudios recientes han explorado cómo los diferentes alelos de genes específicos contribuyen a la eficiencia de la red y también hay varios estudios diseñados para explorar el entrenamiento de las redes.

La visión de la atención como un sistema orgánico nos promete una mejor comprensión de las muchas formas de daño y patologías cerebrales que involucran problemas atencionales.
Fuente: Michael Posner, Universidad de Oregon.

La investigación del cerebro, que se basa en la investigación de la psicología cognitiva y del desarrollo infantil, ha sido capaz de identificar una región crítica del cerebro cuya actividad y desarrollo se relacionan con el desempeño y desarrollo del autocontrol.[7] La autorregulación es una de las destrezas o habilidades comportamentales y emocionales más importantes que los niños necesitan en sus ambientes sociales. La capacidad de controlar los propios impulsos a fin de postergar la gratificación también es parte importante de la regulación emocional. La autorregulación de las emociones en el contexto social del escenario educacional es un importante escalón en el desarrollo de un niño para convertirse en un adulto responsable y exitoso.[8]

[7] Por ejemplo, un experimento clásico para medir el control cognitivo es la "tarea de Stroop" en el cual se le muestran al sujeto palabras que nombran colores, los que están impresos en tinta que puede ser del mismo color que el nombre (por ejemplo: la palabra "rojo" en tinta roja) o diferente (por ejemplo, la palabra "rojo" en tinta azul). Al sujeto se le pide que diga en voz alta el color de la tinta, lo cual es mucho más difícil si la palabra nombra un color diferente que si nombra el mismo color. El desempeño en las tareas como las de Stroop tiende a activar una región muy específica del cerebro, denominada *cingulada anterior*, situada en la media línea frontal, exactamente detrás de la corteza órbito-frontal. El cingulado anterior juega un rol crítico en las redes cerebrales, que son responsables de detectar errores, y para regular no sólo los procesos cognitivos (como los de la tarea de Stroop) sino también las emociones, para lograr el control intencional o voluntario de la conducta (ver OECD, 2002a).

[8] Los estudios de la neuroimagen han revelado que al menos dos tercios de las mismas áreas del cerebro se activan durante la imaginería visual y la percepción visual. Las imágenes mentales de los objetos y eventos pueden comprometer gran cantidad del mismo procesamiento que ocurre durante la experiencia perceptual correspondiente. La imaginería visual de estímulos adversos (p.ej. cuerpos quemados o la cara de una persona golpeada) ocasiona cambios de la conductividad de la piel y cambios en la tasa de pulsación. Por lo tanto, las imágenes mentales afectan al cuerpo. La imagenología de estímulos adversos activa algunas áreas del cerebro más de lo que lo hacen estímulos neutrales (p. ej. una fotografía de una lámpara o de una silla). Entre las áreas activadas está la ínsula anterior, la cual está involucrada en registrar el estado de la actividad autónoma en el cuerpo. Estos descubrimientos sugieren que la gente puede alterar su estado emocional mediante la formación de imágenes mentales específicas. Algunos investigadores han afirmado que tales procedimientos pueden afectar una cantidad de funciones corporales, incluyendo aquellas de los sistemas endocrinos e inmunológicos. Esta línea de investigación en la neuroimagenología podría conducirse aún más lejos para probar las técnicas de imagenología visual en la superación de la ansiedad, en la creación de un ambiente de aprendizaje positivo o para el reforzamiento del aprendizaje, lo cual podría brindar entendimiento respecto de aplicaciones prácticas dentro de escenarios educacionales.

Cuadro 3.3. El ejercicio físico

Recientemente se ha mostrado que los beneficios potenciales del ejercicio aeróbico se extienden más allá del indicador de salud cardiovascular, hasta mejorar la salud mental. Hay clara evidencia de esto a partir de un estudio cerebral desarrollado para monitorear los efectos de un programa de ejercicios aeróbicos sobre las capacidades cognitivas en adultos mayores. La investigación realizada por Arthur Krammer, quien desarrolló un programa que involucraba el aumento gradual del período de caminatas a lo largo de tres meses, resultó en un incremento del desempeño en áreas claves del cerebro de sujetos adultos mayores (edades de 55+) (Colcombe y Kramer, 2004). Luego de seis meses, los sujetos fueron escaneados y se les aplicaron pruebas cerebrales que indicaron una mejora de 11% en sus puntajes, así como también cambios en la función cerebral en las regiones frontal media y parietal superior, áreas vinculadas a mantener el cerebro enfocado en una tarea en particular y a la atención espacial. Los resultados proporcionan una base biológica para argumentar los beneficios del ejercicio sobre la salud mental de los adultos mayores. Aunque esta investigación apuntó explícitamente a adultos mayores con un funcionamiento relativamente alto y sin síndromes clínicos conocidos, un metaanálisis del desempeño cognitivo de adultos mayores encontró que los aumentos en la capacidad (*fitness*) aeróbica eran idénticos para las poblaciones clínicas y no clínicas.

Investigaciones posteriores podrían ayudar a determinar si hay una necesidad de aumentar la actividad aeróbica en los currículos escolares. La investigación actual en esta área está siendo desarrollada por el Laboratorio de Aprendizaje en el Consorcio de Juego y Aprendizaje de Dinamarca [*Play and Learning Consortium*] (ver el Cuadro 7.3.), donde se ha estado explorando la relación entre el cuerpo, la mente, la cognición y el aprendizaje, propugnando un enfoque comprehensivo que incorpora las actividades físicas dentro de otras disciplinas educativas y no sólo durante clases de entrenamiento físico.

Hay evidencia de que la actividad física conduce a un mejoramiento de la coordinación y del control motor (p. ej. el equilibrio, la coordinación motora en general, las destrezas motoras específicas y la conciencia del propio cuerpo), lo cual tiene implicaciones al abordar los problemas del aprendizaje y los desórdenes atencionales (Rudel, 1985; Nicolson, Fawcett y Dean, 1995; Roth y Winter, 1994). Varios estudios también han indicado una clara relación entre diferentes aspectos del desarrollo motor y del lenguaje (Ruoho, 1990; Rintala *et al.*, 1998; Moser, 2001). Moser sugiere que estos argumentos en pro del impacto benéfico del ejercicio sobre la cognición también pueden entenderse como contribuyentes a un argumento más amplio acerca de la necesidad de reconocer de mejor manera la actividad física y corporal para todo tipo de programas educacionales, actividades de esparcimiento y para la vida diaria en general (Moser, 2004). En las escuelas con frecuencia esto se encuentra confinado a las clases de educación física y no está lo suficientemente integrado dentro de otras partes del currículo.

La comprensión de los mecanismos fundamentales por medio de los cuales el ejercicio puede afectar el funcionamiento del cerebro habrá de informar sobre la comprensión de la salud cognitiva humana, incluyendo cómo el currículo educacional podría incluir programas de ejercicio para aumentar el aprendizaje. Mientras tanto, incluso un factor como la calidad de la ventilación puede hacer una diferencia positiva: abrir las ventanas de vez en cuando y hacer una pausa para estirarse y respirar aire fresco es beneficioso para el desempeño de los alumnos.

Una creciente base investigativa da soporte a la posibilidad de la regulación emocional como –quizás el– componente crítico de la competencia

emocional necesaria para las interacciones eficaces con otros en situaciones estresantes. Cómo los niños aprenden a lidiar con las interacciones estresantes negativas incluye lidiar no sólo con su propio sentimiento de aflicción e ira sino también con reacciones a las emociones negativas de otros; esto es vital para el desarrollo y mantenimiento de relaciones sociales (Eisenberg y Fabes, 1992). A la fecha, gran parte de la investigación del desarrollo de la autorregulación emocional se ha enfocado en la infancia y la infancia temprana, principalmente debido a la dramática maduración cognitiva que tiene lugar durante esos años (Calkins, 2004). En la infancia temprana es especialmente importante aprender a tratar las interacciones sociales afuera de la familia y con los pares. La competencia social es importante para los niños y es un pronosticador de los resultados académicos y sociales, tales como la aptitud para la escuela (Carlton y Winsler, 1999). En un estudio sobre la competencia social de preescolares, la emergencia de la regulación emocional se vio como vital para la creación y el mantenimiento de relaciones positivas con los pares (Denham y Burton, 2003).

Michael Posner (OECD, 2002b) se refiere al concepto de "esfuerzo de control" (*effortful control*) que es la capacidad de los niños para autorregular su comportamiento en la escuela y en el hogar.[9] El "esfuerzo de control" puede ser evaluado mediante la síntesis de las respuestas de los padres a las preguntas acerca de la concentración de su hijo en una actividad (atención focalizada), su ejercicio de restricción (control inhibitorio), su deleite con la estimulación de baja intensidad (placer de baja intensidad) y su conciencia de cambios sutiles en su ambiente.

De este modo, las emociones y la fisiología se encuentran íntimamente conectadas entre sí, tal como se hallan todos los diferentes elementos principales que componen la mente y el cuerpo. Como resultado, debería ser posible facilitar el aprendizaje que es sensible a las emociones

[9] Un estudio longitudinal ha ilustrado la conexión entre la gratificación postergada y la educación. Se colocó a niños de 4 años enfrentados a la tarea de resistir comerse un malvavisco que estaba delante de ellos cuando estaban solos en una pieza (que estaba vacía de otros elementos) con el fin de obtener dos malvaviscos cuando regresara el experimentador. El tiempo de demora durante el cual el niño tuvo éxito en resistir el impulso de comerse el primer malvavisco estuvo significativamente correlacionado con el rendimiento de éxito académico posterior medido como la habilidad de enfrentar la frustración, el estrés, la perseverancia en la tarea y la concentración (OECD, 2002a).

mediante un foco sobre los factores fisiológicos, aunque dada la complejidad de las interconexiones no esperamos que esto sea una simple materia de causa y efecto. A modo de ejemplo, entrenar los patrones de la tasa de pulsación para ser regulares tiene beneficios físicos y psicológicos para la autorregulación emocional.[10]

Si se comprenden los mecanismos y procesos neurofuncionales, se podrían diseñar programas educacionales con el fin de ayudar a desarrollar la inteligencia emocional y de ese modo aumentar la capacidad de aprendizaje del cerebro. Comprender la maduración del cerebro y las emociones contribuirá a definir la estrategias de regulación emocional apropiadas para cada edad. Los padres pueden fomentar un ambiente emocional seguro y estable, al ayudar a sus niños a comprender y expresar sus emociones. Otra razón para explorar los procesos cerebrales mediante los cuales los niños regulan sus emociones es que ayudará a la identificación de los desórdenes mentales y a estudiar cómo predecir o prevenirlos.

[10] Un programa piloto de alfabetización emocional realizado en Southampton, Inglaterra, está usando estos principios para regular el ritmo de pulsación cardíaca mediante la capacitación en respiración rítmica como parte de un conjunto secuencial de intervenciones que operan para estabilizar el estado fisiológico del individuo para alcanzar un estado emocional coherente (OECD, 2003b). Otros programas actúan de forma más explícita en los problemas de violencia que están irrumpiendo actualmente en las escuelas. Por ejemplo, un proceso de comunicación no violenta ha sido desarrollado por Rosenberg (1999) y es popular en muchos países. Los métodos de Rosenberg sirven principalmente para hacer conscientes a las personas de sus necesidades básicas y ayudarles a articularlas, mejorando la comunicación, la ausencia de la cual es considerada como la causa clave de la conducta violenta. En China, millones de adolescentes están sufriendo diferentes desórdenes en su aprendizaje y conducta, presumiblemente vinculados con deficiencias en el desarrollo emocional; el gobierno chino busca estimular la competencia social, a manera de mejorar el equilibrio y la calidad de vida, y de cultivar interacciones sociales positivas (OECD, 2002c).

Cuadro 3.4. La música

Para tocar música se requieren habilidades motoras y coordinación entre los estímulos auditivos y el control motor. También se requiere que el cerebro interprete el tacto somatosensorial. La mayoría de los músicos desarrolla más habilidades para usar las dos manos que el común de las personas. Se esperaría que este aumento de coordinación entre las regiones motoras de ambos hemisferios tuviera una consecuencia anatómica y, de hecho, lo tiene: la rodilla del cuerpo calloso, que contiene la banda de fibras que conecta las dos áreas motoras, es más grande en los músicos que en quienes no lo son (Weinberger, 2004).

La música también afecta algunas de las capacidades de aprendizaje del cerebro, al incrementarse el tamaño del córtex auditivo y el motor. Una forma en que el cerebro almacena la importancia aprendida de un estímulo es dedicando más células para procesar dicho estímulo. Estudios muestran que los músicos tienen especializaciones adicionales y, particularmente, que tienen ciertas estructuras del cerebro híper desarrolladas, pero no es claro hasta qué grado esos beneficios son transferibles para el aprendizaje de otras habilidades. Aprender sintoniza el cerebro y aumenta las respuestas tanto de las células individuales como del número de células que reaccionan con fuerza a los sonidos que se convierten en importantes para un individuo (Weinberger, 2004). Un estudio en Alemania, que empleó magnetoencefalografía (MEG), mostró que un área mucho mayor del córtex auditivo se activaba en músicos cuando éstos oían un tono en el piano, comparado con los no músicos, y que mientras más joven hubiese comenzado a practicar el músico más grande era esta zona (Pantev *et al.*, 1998). Investigaciones también han mostrado cómo áreas del córtex motor correspondientes a los dedos de la mano izquierda en específico muestran una respuesta eléctrica aumentada en quienes tocan el violín (Pantev, 2003). Los músicos tienen estructuras motoras y auditivas extendidas, lo cual indica que los períodos largos de entrenamiento pueden alterar la estructura básica del sistema nervioso (Schlaug, 2003).

Enfocarse en la música puede proporcionar información valiosa de cómo funciona el cerebro. Las investigaciones están mostrando que el cerebro tiene circuitos distintos para percibir, procesar e interpretar música. Tocar, escuchar y crear música son acciones que involucran prácticamente todas las funciones cognitivas. Como ya se ha demostrado el efecto de las emociones positivas en el aprendizaje, la música también puede crear un efecto positivo que tenga el mismo resultado. Este tema merece investigarse más a fondo, incluyendo los beneficios transferibles de aprender música.

La motivación

Hay mucho placer que obtener del conocimiento inútil.

Bertrand Russell

La motivación es crucial para el aprendizaje exitoso, y se encuentra vinculada muy de cerca con la comprensión y las emociones. La motivación puede ser descrita como la fuerza resultante de los componentes emocionales y refleja hasta dónde un organismo está preparado para actuar física y mentalmente de una manera focalizada. De acuerdo con esto, la motivación está íntimamente relacionada con las emociones, ya que estas últimas constituyen la forma en que el cerebro evalúa si actuar

o no sobre las cosas –aproximarse a ellas si son placenteras y evitarlas si son desagradables–. Por lo tanto, es posible formular la hipótesis de que los sistemas emocionales crean motivación.

Una distinción fundamental puede derivarse entre la *motivación extrínseca* (vinculada a factores externos) y la *motivación intrínseca* (vinculada a factores internos). Mientras que la motivación extrínseca se logra afectando al comportamiento desde afuera –por ejemplo, mediante castigos y recompensas, objetivos o simbólicos (McGraw, 1978)– la motivación intrínseca refleja las ganas de satisfacer las necesidades y los deseos internos. Los sistemas educacionales tradicionales, a través del premio y el castigo, se enfocan en la motivación extrínseca; a la fecha la investigación neurocientífica también se ha concentrado en la motivación extrínseca en el contexto del aprendizaje, ya que los mecanismos de las motivaciones internas no están bien comprendidos y en la actualidad son difíciles de estudiar mediante las tecnologías de neuroimagenología. Pero, debido a que gran cantidad de aprendizaje depende de las motivaciones intrínsecas más que de los factores externos, la neurociencia necesitará abordar el sistema motivacional intrínseco.

Al jugar, en la infancia, la mayoría de la gente habrá experimentado la motivación intrínseca subyacente al aprendizaje efectivo. Muchos habrán retenido la habilidad de alcanzar lo que Csikszentmihalyi (1990) describe como "flujo"[11] –el estado cuando nos encontramos realmente comprometidos en búsquedas que nos brindan placeres fundamentales sin ninguna promesa de recompensa externa–. Entre los muchos impulsos que motivan a la gente a aprender, incluyendo el deseo de aprobación y reconocimiento, uno de los más poderosos (si no el más) es la iluminación que se da al *comprender*. El cerebro responde de muy buena manera a esto, que ocurre por ejemplo en el momento "eureka", cuando el cerebro súbitamente hace conexiones y ve los patrones entre la información disponible.[12] Es el placer más intenso que el cerebro puede experimentar, por lo menos en el contexto del aprendizaje, por lo que

11 Csikszentmihalyi (1990) describe como "flujo" un estado mental en el cual la persona está intrínsecamente motivada a aprender, caracterizado por un foco energizado, involucramiento pleno y satisfacción óptima.

12 Peter Gärdefors, de la Universidad de Lund (Suecia), durante una conferencia en Copenhague, organizada por el CERI y el Lab. de Aprendizaje de Dinamarca

puede ser descrito como un "orgasmo intelectual" (B. Della Chiesa). Habiendo tenido la experiencia, uno quiere tenerla nuevamente. Una meta principal de la educación temprana debería ser asegurarse de que los niños tengan esta "experiencia" lo antes posible y así estén concientes de lo placentero que puede ser el aprendizaje.

Aunque la neurociencia está haciendo avances para comprender algunos de los procesos motivacionales que impulsan el aprendizaje, se necesita más trabajo para vincularlos a un marco de referencia educacional. La mayoría está de acuerdo en que la escuela no siempre es diversión, y algunos argumentarían que actúa como una restricción y puede ser, en efecto, desmotivante. Para enfrentar esto ayudaría comprender cómo llega a motivarse el cerebro en la interacción entre el interior y las influencias exteriores. El desafío es encontrar cómo darle un propósito al aprendizaje y cómo estimular el impulso interno del deseo de aprender. Ésta es un área donde la investigación neurocientífica podría dar un importante beneficio directo a la educación.

El sueño y el aprendizaje

La función del sueño siempre ha fascinado a los científicos, pero permanece como algo de un misterio biológico. Aún quedan por aclarar preguntas fundamentales acerca de él. Desde un punto de vista neurofisiológico, es un estado específico de alerta cerebral.[13] No son necesarios los estudios del cerebro para que sepamos que el sueño adecuado es necesario para que las personas permanezcan alerta y despiertas: claramente, las funciones del sueño son esenciales a la vida.[14] De forma unánime los

en noviembre de 2004, identificó la experiencia "eureka!" como correspondiente con el momento de comprehensión de "reconocimiento de patrones". Una analogía con un juego para niños puede ayudar a transmitir este punto. El juego es uno en el cual una serie de puntos aparentemente azarosos son unidos uno por uno. Progresivamente y siguiendo el número de orden de cada punto, comenzando con el 1, el niño ve convertirse el aparente laberinto de puntos en la representación de un objeto reconocible. Puesto de otra forma, "comprender es transformar la información en conocimiento" (B. Della Chiesa).

13 Solamente en 1953 fue que el investigador pionero Nathaniel Kleitman pudo derribar la creencia comúnmente sostenida de que el sueño era sencillamente un cese de toda actividad cerebral (Siegel, 2003).

14 El rebote del sueño ocurre luego de la pérdida del sueño y la privación crónica del sueño (dos o tres semanas) y por último ocasiona la muerte de las ratas (Miyamoto y Hensch, 2003).

investigadores están de acuerdo en que mientras hay muchas funciones corporales que pueden recuperarse durante el estado de vigilia, solamente el sueño puede restaurar las funciones corticales (Horne, 2000). La calidad del sueño está relacionada de cerca con el bienestar; el mal sueño también puede tener un impacto negativo sobre el estado de ánimo (Poelstra, 1984) y el comportamiento (Dahl y Puig-Antich, 1990). Los desórdenes latentes del sueño en algunos casos pueden resultar en síntomas psicológicos (Reite, 1998). En los adultos, el adormecimiento durante el día se relaciona con el menoscabo en la vida laboral y social, en trastornos y un aumento en los riesgos como los accidentes de vehículos (Ohayon *et al.*, 1997).

Cuadro 3.5. El juego

El juego puede hacer una gran diferencia en términos de motivación, ya sea mediante relato de cuentos o de algo que capture la imaginación en un escenario de enseñanza. Los investigadores han sido capaces de motivar con éxito a los niños a que participaran en unas pruebas estandarizadas que consistían en multiples ensayos y que de otra manera habrían sido considerados como excesivamente aburridos por el sujeto, convirtiéndolos en juegos. Los niños responden más y están motivados por los implementos de juegos tradicionales, como los títeres. Los profesores pueden transformar las barreras de aprendizaje comunes –conducta de oposición, estados de ánimo negativos, actitudes defensivas– al crear un ambiente de aprendizaje positivo mediante tales juegos.

Un estudio que usaba topografía óptica próxima a infrarroja para "imaginarse la mente jugando" mostró un aumento significativo en el volumen de sangre cortical durante la actuación de los títeres en comparación con el desempeño de una actividad semejante realizada de una manera rutinaria (Peyton *et al.*, 2005). En un estudio desarrollado por Nussbaum *et al.* (1999) con 300 niños escolares, usando una serie de juegos basados en *Gameboy,* los resultados mostraron una alta motivación por parte de los niños, en aquellos con familiaridad respecto a la tecnología y aquellos que no tenían acceso a ella fuera de la escuela. McFarlane, Sparrowhawk y Heald (2002) al estudiar las opiniones de los profesores acerca de los límites y el potencial de los juegos de video, encontraron una actitud positiva de éstos hacia los juegos de aventuras y simuladores, con una mayoría de profesores reconociendo que los juegos contribuyen al desarrollo de una amplia variedad de estrategias que son extremadamente importantes para el aprendizaje (Gros, 2003).

El Laboratorio de Medios del Instituto Tecnológico de Massachusetts (ITM; MIT, sigla en inglés) inventó SAM un personaje animado personificado conversacional diseñado para apoyar el desarrollo del lenguaje de los niños. SAM le permite a los niños participar en una actuación de relato de cuentos con objetos reales en colaboración con un compañero virtual que comparte el acceso a aquellos objetos reales. Este programa amplía el escuchar la historia mediante una interfaz computacional que posibilita a los niños contar historias que son más imaginativas y tienen narrativas más complejas que cuando juegan solos (Cassell *et al.*, 2000).

De esta manera, los juegos no sólo motivan sino que pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar su imaginación y un enfoque activo que impacta en las destrezas, habilidades y estrategias. Sin embargo, muchas escuelas han reducido o eliminado recreos y un aumento en el énfasis de las pruebas ha dejado menos tiempo para las actividades recreacionales y de juego. Los padres también comparten parte de la responsabilidad si es que matriculan a sus niños en actividades extraprogramáticas relacionadas con lo académico para subir sus puntajes, si ello deja a los niños muy poco tiempo o ninguno para jugar. En un mundo donde las clases están consumidas en forma creciente por una misión estrictamente académica, el juego en el aula se arriesga a ser una excepción y no la regla.

Los estudios, desde el nivel comportamental hasta el molecular, sugieren que el sueño contribuye a la formación de la memoria en los humanos y otros mamíferos (Maquet, 2001). El sueño fue involucrado primero en el aprendizaje y la plasticidad neuronal con estudios realizados sobre animales, los cuales indicaron una correlación entre la cantidad de sueño con movimiento rápido de los ojos [REM, sigla en inglés] y el

desempeño en una tarea aprendida (Smith, 1996).[15] Estudios recientes en humanos proporcionaron evidencia de un involucramiento crítico del sueño de onda lenta y oscilaciones suaves del EEG en la consolidación de las memorias y la plasticidad neuronal subyacente (Huber *et al.*, 2004; Marshall *et al.*, 2006). Los enfoques que involucran las técnicas de imagenología humana funcional (el registro de la actividad de redes neuronales de mayor tamaño) y la manipulación genética o farmacológica del cerebro han convergido para apoyar la noción de que las etapas del sueño (sueño de onda lenta y sueño REM) funcionan concertadas para reprocesar rastros de memoria reciente y consolidar la memoria, y esto a través de diferentes especies y tareas de aprendizaje (Stickgold, 2003). Mientras que el sueño REM parece beneficiar en particular la consolidación de memorias de destrezas o habilidades, el sueño de onda lenta aumenta la consolidación de memorias declarativas explícitas dependientes del hipocampo. Numerosos estudios de privación del sueño apoyan la idea de que éste contribuye a la estabilización de la memoria adquirida. La evidencia de experimentos en animales y en humanos apoya el concepto de un reprocesamiento de experiencias recientes "fuera de línea" [*offline*] durante el sueño, que son causantes de la consolidación de la memoria (Ji y Wilson, 2007; Rasch *et al.*, 2007), y el análisis del sistema talamocortical establece la observación recíproca de que el sueño en sí mismo es un proceso plástico afectado por la experiencia del estar despierto (Miyamoto y Hensch, 2003). Una hipótesis es que el sueño juega un rol clave en la plasticidad neuronal, esto es, en mantener conexiones apropiadas entre las neuronas mediante el refuerzo de conexiones significativas entre las sinapsis y eliminando las accidentales. Se ha propuesto que la corteza completa experimenta plasticidad neuronal durante el sueño, ya que "actualiza" las experiencias siguientes del mundo, en especial, los eventos del día anterior (Kavanau, 1997).

Las alteraciones al sueño en los niños han sido vinculadas con numerosos desórdenes somáticos, enfermedades neurológicas y disturbios emocionales y del comportamiento, tales como la hiperactividad, así como

[15] El sueño REM es la fase donde tienen lugar los sueños, durante la cual el cerebro muestra patrones de actividad muy similares al estado despierto. Hasta la fecha no hay acuerdo concluyente sobre cuál es la función del sueño REM. Los científicos han investigado y argumentado una relación entre el sueño REM y el aprendizaje procesal, pero no queda ninguna correlación sólida entre la proporción del sueño empleada en REM y la habilidad del aprendizaje (Nelson, 2004).

también dificultades en el aprendizaje (Ferber y Kryger, 1995). Las alteraciones del sueño son altamente prevalentes y persistentes, y se encuentran entre las quejas más comunes a través de la infancia: los estudios epidemiológicos han indicado que aproximadamente un tercio de todos los niños sufren de problemas del sueño (Simonds y Parraga, 1984; Kahn *et al.*, 1989; Blader *et al.*, 1997; Rona Gulliford y Chinn, 1998). Una encuesta de pediatras clínicos sugirió que es la quinta causa de preocupaciones de los padres (a continuación de las enfermedades, alimentación, problemas de comportamiento y anormalidades físicas; Mindell *et al.*, 1994).

Aunque hay desórdenes del sueño comunes a todas las edades (Wiggs y Stores, 2001), también hay patrones específicos de cada edad, como los cambios que ocurren con la adolescencia. Un estudio basado en un cuestionario sobre los patrones de sueño de 25 mil personas entre las edades de 10 y 90 años indica que los niños se despiertan habitualmente temprano, pero empiezan a dormir progresivamente hasta más tarde en la medida que entran en la adolescencia (ver la Parte II, Artículo B), alcanzando el máximo de duración alrededor de los 20 años de edad, cuando la curva empieza a declinar (Abbott, 2005). En general, los individuos sienten un adormecimiento diurno aumentado en la pubertad, ya sea que haya cambios o no en la duración total del sueño, sugiriendo que la necesidad biológica del sueño no disminuye durante la adolescencia (Carskadon *et al.*, 1980).

Tentativamente, algunos estudios sugieren que la privación de sueño y los problemas del sueño están asociados con un desempeño académico más pobre: mientras menos duermen, más bajo su desempeño (Wolfson y Carskadon, 1998). Debido a que muchos niños sufren de privación crónica del sueño, hay una preocupación muy real acerca de los efectos potencialmente dañinos que esto tiene sobre el cerebro en desarrollo. Mientras que los estudios experimentales sobre la privación del sueño en niños son raros, debido a razones éticas, aquellos que han sido llevados a cabo han investigado las consecuencias cognitivas de la privación del sueño. Un estudio anterior indicó que la pérdida total del sueño de una noche tenía efectos similares en los niños de entre 11 y 14 años a aquellos indicados previamente en adultos (Carskadon, Harvey y Dement, 1981). Se encontró que la restricción parcial del sueño conducía al

deterioro de algunas funciones cognitivas. Por otra parte, el desempeño de rutina se mantenía aun luego de una restricción del sueño de una noche completa (Randazzo *et al.*, 1998). Se ha demostrado que la duración más corta del sueño conduce a un desempeño más pobre en las tareas de memoria a corto plazo (Steenari *et al.*, 2003).

Cuadro 3.6. Los juegos de video

Es sorprendente lo poco que se sabe acerca de las razones para la exposición de los niños a los juegos de video y de sus efectos en la salud, o en sus resultados cognitivos, sociales y comportamentales; las investigaciones no han ido a la par con la rápida evolución de la tecnología.

En Ulm, Alemania, en el Centro para la Transferencia de la Neurociencia y el Aprendizaje (Cuadro 7.7.), los investigadores han comenzado a investigar la influencia del uso de los medios en el bienestar psicológico y físico de los niños. De un modo semejante, los estudios de la Universidad de Rochester han hallado que los adultos jóvenes que ocupan mucho tiempo jugando los juegos de video de ritmo rápido mostraron mejores destrezas visuales que aquellos que no lo hacían; los jugadores de video mostraban una mejora pronunciada en su habilidad para prestar atención a los ambientes visuales complejos. También podían "seguir mejor a más objetos en forma simultánea y procesar información visual rápidamente cambiante con más eficiencia" (Green y Bavelier, 2003). La generación actual de los juegos de computadora enfatiza la imagen espacial y dinámica, y requiere que el jugador mantenga simultáneamente atención alrededor de diferentes partes de la pantalla, mejorando las destrezas visuales y de atención.

Sin embargo, no se puede ignorar la prevalencia de la violencia en los juegos de computación más populares. Algunos estudios han mostrado que una sobrecarga de imágenes cargada emocionalmente puede aumentar la conducta antisocial (Anderson, 2004). Las respuestas emocionales evocadas por estos juegos –peligro, violencia una sensación de desafío– juegan todas un papel en la atracción emocional altamente cargada que ofrecen estos juegos. ¿No hacen daño los juegos o les están enseñando a los niños a ser más agresivos o peores en los casos extremos? Los que se oponen a los juegos señalan los nuevos estudios que sugieren un vínculo directo entre los juegos de video y la conducta agresiva, y algunos investigadores sostienen que jugar un juego de video dispara las mismas respuestas violentas en el cerebro que la agresión real. Por ejemplo, un estudio de la Universidad de Aachen, Alemania, le pidió a los hombres participar en un juego que requería que mataran a los terroristas para rescatar a los rehenes. Durante el juego, las partes del cerebro implicadas con la emoción, incluyendo la amígdala y la corteza cingulada anterior, se cerraron (Weber *et al.*, 2006). El mismo patrón ha sido visto en escaneos del cerebro durante actos de agresión imaginada. Birbaumer, de la Universidad de Tübingen, Alemania ha postulado que alguien que juegue regularmente juegos violentos de video tendría fortalecidos estos circuitos en el cerebro de manera que, enfrentado con una situación semejante en la vida real, estaría más "alistado" [*primed*] para la agresión (Motluk, 2005).

Incluso aunque hasta ahora los mensajes de las investigaciones son aleatorios en cuanto a que si jugar juegos de computadora es beneficioso o perjudicial para los niños, los juegos al menos los ayudan a mejorar su alfabetización computacional, algo que es vital en la sociedad actual. Se necesitan más estudios para evaluar el impacto de los medios en el desarrollo cognitivo y emocional de los niños. La tecnología moderna debiera ser utilizada para: simular experiencia real usando lo virtual; permitir la práctica privada para evitar la angustia de cometer errores en medio de sus pares; y estimular un elemento de juego y motivación. Sería útil una mejor comprensión en esta área tanto para los gestores de políticas como para los profesionales de aula –más allá de su reconocida importancia en la educación infantil temprana– y ayudar a establecer el juego como un "recurso de aprendizaje natural" capaz de mejorar muchos problemas sistémicos que desafían a la educación en la actualidad.

En años recientes, un número en aumento de estudios ha informado de asociaciones entre las alteraciones del sueño en niños y varios síntomas

psicológicos, incluyendo problemas de depresión y del comportamiento (Morrison, McGee y Stanton, 1992; Chervin *et al.*, 1997; Dagan *et al.*, 1997; Corkum, Tannock y Moldofsky, 1998; Dahl, 1998; Marcotte *et al.*, 1998; Aronen *et al.*, 2000; Smedje, Broman y Hetta, 2001). El Trastorno de Déficit Atencional e Hiperactividad (ADHD, sigla en inglés) es un desorden neuropsicológico en el cual con frecuencia ocurre alteración del sueño. Varios estudios han informado el aumento en las tasas de problemas del sueño entre los niños con ADHD (Chervin *et al.*, 1997; Marcotte *et al.*, 1998; Stein, 1999; Owens *et al.*, 2000a). En comparación con los niños de control, los niños con ADHD tienen más elevada la resistencia a dormirse (informada por los padres), problemas con el comienzo del sueño, ansiedad relacionada con el sueño, sueño durante el día, parasomnias y menor duración del sueño (Owens *et al.*, 2000b). Ciertos factores ambientales también han indicado estar relacionados con las alteraciones al sueño. Por ejemplo, ver mucha televisión, en particular al momento de acostarse, tiene un efecto adverso sobre el sueño (Owens *et al.*, 2000a). Aún más, la resistencia a acostarse (Blader *et al.*, 1997; Smedje, Broman y Hetta, 1998) asimismo como el hecho de dormir en la misma cama con los padres han sido correlacionados con problemas del comienzo del sueño (Lozoff, Wolf y Davis, 1984; Madansky y Edelbrock, 1990; Latz, Wolf y Lozoff, 1999).

Cualquier discusión acerca de la privación o reducción del sueño hace surgir la pregunta de "¿cuánto es suficiente?". Debido a que las diferencias en los requerimientos de sueño individuales son amplias, es imposible entregar pautas simples para adecuarse a toda persona.[16] El inicio temprano de clases ha sido asociado con un aumento en la privación del sueño, del adormecimiento diurno y un desempeño escolar más bajo (Carskadon *et al.*, 1998). Los niños involucrados se quejan más significativamente de estar cansados durante el día y de tener dificultades con la atención y concentración que aquellos que inician sus clases más tarde (Epstein, Chillag y Lavie, 1998). Aún queda por debatir acerca de si las horas de inicio de clases son muy tempranas: se necesitarían más

[16] La evidencia existente indica que "ayudar" a la gente a aumentar el tiempo que duerme mediante el uso a largo plazo de píldoras para el sueño no produce ningún beneficio claro para la salud y de hecho puede que acorte el ciclo vital (Siegel, 2003; ver también el Capítulo 7).

estudios antes de estar en condiciones de llegar a una firme conclusión acerca de sus efectos, junto con experimentos que permitan entender mejor la relación entre el sueño y el aprendizaje (como la consolidación de la memoria). También hay evidencia de que dormir una siesta luego del aprendizaje de una tarea aparentemente mejora el desempeño, por lo que la expresión "durmamos sobre ella" no es un ejemplo de un neuromito proverbial (ver el Capítulo 6). Robert Stickgold (2003) realizó estudios en un grupo de alumnos de la Universidad de Harvard, que indicaron que el desempeño de una tarea compleja que requería de gran cantidad de atención y concentración podía restaurarse a los niveles observados temprano en el experimento mediante una siesta de entre 30 y 60 minutos por parte de los sujetos.

Cuadro 3.7. El nivel de presión del sonido

El oído juega un rol clave en el aula: la información pasa continuamente a través de este canal. Los niveles elevados de ruido afectan el desempeño escolar de los niños. Un estudio de la London Southbank University midió los niveles de ruido afuera de las escuelas durante las clases en 142 escuelas primarias de Londres y los comparó con los resultados publicados de los exámenes nacionales estandarizados tomados a alumnos entre las edades de siete y 11 años. Los resultados indicaron que mientras más ruidoso era el ambiente, peores eran los resultados, incluso controlando otras causas posibles del bajo desempeño, tales como los factores socioeconómicos (Shield y Dockrell, 2004).

De acuerdo con las Pautas para el Ruido Comunitario de la Organización Mundial de la Salud (OMS), los efectos críticos del ruido para las escuelas son la interferencia del habla, de la comprensión y comunicación de mensajes, y la molestia. Las pautas para el nivel de ruido en las clases estipulan que, para poder escuchar y entender los mensajes hablados en un aula, el nivel de presión del sonido de trasfondo no debería exceder de 35 dB durante las sesiones de clase. Para los niños con deterioro auditivo, serían necesarios aún menores niveles de presión de sonido y para los patios de recreo el nivel de presión de sonido del ruido de fuentes externas no debería exceder 55 dB, que es el mismo nivel indicado para las áreas residenciales exteriores durante el día.

Ya que la privación de sueño parece prevalecer entre los niños, se necesitan más estudios para filtrar alteraciones del sueño y más estudios experimentales que podrían ayudar a indagar acerca de su asociación con síntomas psicológicos y un desempeño cognitivo disminuido. Los estudios longitudinales también podrían iluminar acerca de la evolución de las necesidades de sueño en diferentes etapas vitales y cuánto se necesita en estas etapas a fin de mantener saludables el cerebro que aprende y el bienestar emocional. Estudios posteriores sobre los mecanismos y la evolución del sueño se enfocan con utilidad en lo que es reparado en el cerebro durante el sueño, cuáles procesos del aprendizaje se benefician

más de él, y exactamente cuánto sueño es necesario. La eficacia de las lecciones en la escuela, las sesiones de capacitación o conferencias en el lugar de trabajo podrían aumentarse si su programación y planificación tomaran en cuenta los descubrimientos científicos acerca del sueño. Por ejemplo, los educadores podrían programar las lecciones para los adolescentes más tarde durante el día y aconsejar a los alumnos acerca de los beneficios de recapitular las lecciones luego de una noche de sueño. Los padres podrían jugar un rol valioso en ayudar a nutrir los cerebros de sus hijos, asegurando que tengan el sueño suficiente y que eviten actividades que exciten el cerebro antes de acostarse, como los juegos computacionales.

Conclusiones

Los descubrimientos de las investigaciones del cerebro indican cómo la estimulación del cerebro es crucial para el proceso del aprendizaje, y están empezando a proveer indicaciones acerca de los ambientes apropiados para el aprendizaje. Muchos de los factores ambientales que conducen a un mejor funcionamiento del cerebro son materia de cada día –la calidad del ambiente social y de las interacciones, la nutrición, el ejercicio físico y el sueño– los cuales pueden aparecer como demasiado obvios, por lo que respecto de su impacto sobre la educación son fácilmente pasados por alto. Ellos demandan enfoques holísticos que reconozcan la cercana interdependencia entre el bienestar físico e intelectual, y la estrecha interacción entre lo emocional y lo cognitivo.

Hoy se acumula evidencia de que nuestras emociones reesculpen el tejido neuronal. En situaciones de estrés excesivo o miedo intenso, el juicio social y el desempeño cognitivo sufren mediante la concesión a los procesos neuronales de la regulación emocional. Algo de estrés es esencial para enfrentar los desafíos, pero pasado un cierto nivel tiene el efecto opuesto. En cuanto a las emociones positivas, uno de los impulsos más potentes para motivar a la gente a aprender es la iluminación que viene con el aprendizaje de nuevos conceptos –el cerebro responde muy bien a esto–. Una meta principal de la educación temprana debería ser la de asegurar que los niños tengan esta experiencia de "iluminación" lo antes posible y que se den cuenta de lo placentero que puede ser el aprendizaje. El manejo de las propias emociones es clave para ser un aprendiz

eficaz; la autorregulación es una de las habilidades más importantes que los niños y personas mayores necesitan en sus ambientes sociales.

Bibliografía

Abbott, A. (2005), "Physiology: An End to Adolescence", *Nature*, vol. 433, núm. 7021, pp. 27.

Anderson, C. (2004), "Violence in the Media: Its Effects on Children", transcripción editada de un seminario presentado en Melbourne, Australia, 11 de septiembre.

Aronen, E.T., E.J. Paavonen, M. Fjällberg, M. Soininen y J. Törrönen (2000), "Sleep and Psychiatric Symptoms in School-age Children", *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, vol. 39, pp. 502-508.

Blader, J.C., H.S. Koplewicz, H. Abikoff y C. Foley (1997), "Sleep Problems of Elementary School Children: A Community Survey", *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, vol. 151, pp. 473-480.

Blakemore, S.J., J. Winston y U. Frith (2004), "Social Neuroscience: Where Are We Heading?", *TRENDS in Cognitive Sciences*, vol. 8, núm. 5, pp. 216-222.

Calkins, S.D. (2004), "Temperament and Emotional Regulation: Multiple Models of Early Development", en Mario Beauregard (ed.), *Consciousness, Emotional Self-Regulation and the Brain. Advances in Consciousness Research* 54, John Benjamins Publishing Company, Ámsterdam, pp. 35-39.

Carlton, M.P. y A. Winsler (1999), "School Readiness: The Need for a Paradigm Shift", *School Psychology Review*, vol. 28, núm. 3, pp. 338-352.

Carskadon, M.A. y C. Acebo (2002), "Regulation of Sleepiness in Adolescence: Update, Insights, and Speculation", *Sleep*, vol. 25, pp. 606-614.

Carskadon, M.A., K. Harvey y W.C. Dement (1981), "Sleep Loss in Young Adolescents", *Sleep*, vol. 4, pp. 299-312.

Carskadon, M.A., K. Harvey, P. Duke, T.F. Anders, I.F. Litt y W.C. Dement (1980), "Pubertal Changes in Daytime Sleepiness", *Sleep*, vol. 2, pp. 453-460.

Carskadon, M.A., A.R. Wolfson, C. Acebo, O. Tzischinsky y R. Seifer (1998), "Adolescent Sleep Patterns, Circadian Timing, and Sleepiness at a Transition to Early School Days", *Sleep*, vol. 21, pp. 871-881.

Cassell, J., M. Ananny, A. Basu, T. Bickmore, P. Chong, D. Mellis, K. Ryokai, J. Smith, H. Vilhjálmsson y H. Yan (2000), "Shared Reality: Physical Collaboration with a Virtual Peer?", en *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (CHI), Ámsterdam, 4-9 de abril, pp. 259-260.

Chervin, R.D., J.E. Dillon, C. Bassetti, D.A. Ganoczy y K.J. Pituch (1997), "Symptoms of Sleep Disorders, Inattention, and Hyperactivity in Children", *Sleep*, vol. 20, pp. 1185-1192.

Colcombe, S.J., K.I. Erickson, N. Raz, A.G. Webb, N.J. Cohen, E. McAuley y A.F. Kramer (2003), "Aerobic Fitness Reduces Brain Tissue Loss in Aging Humans", *Journal of Gerontology*, vol. 58A, núm. 2, pp. 176-180.

Colcombe, S.J. y A.F. Kramer (2004), "Fitness Effects on the Cognitive Function of Older Adults: A Meta-analytic Study", *Psychological Science*, vol. 14, núm. 2, pp. 125-130.

Colcombe, S.J., A.F. Kramer, K.I. Erickson, P. Scalf, E. McAuley, N.J. Cohen, A.G. Webb, G.J. Jerome, D.X. Marquez y S. Elavsky (2004), "Cardiovascular Fitness, Cortical Plasticity, and Aging", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 101, núm. 9, pp. 3316-3321.

Cole, P.M., S.E Martin y T.A. Dennis (2004), "Emotion Regulation as a Scientific Construct: Methodological Challenges and Directions for Child Development Research", *Child Development*, vol. 75, núm. 2, pp. 317-333.

Corkum, P., R. Tannock y H. Moldofsky (1998), "Sleep Disturbances in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder", *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, vol. 37, pp. 637-646.

Csikszentmihalyi, M. (1990), *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, Harper and Row, Nueva York.

Dagan, Y., S. Zeevi-Luria, Y. Sever, D. Hallis, I. Yovel, A. Sadeh y E. Dolev (1997), "Sleep Quality in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: An Actigraphic Study", *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, vol. 51, pp. 383-386.

Dahl, R.E. (1998), "The Development and Disorders of Sleep", *Advances in Pediatrics*, vol. 45, pp. 73-90.

Dahl, R.E. y J. Puig-Antich (1990), "Sleep Disturbances in Child and Adolescent Psychiatric Disorders", *Pediatrician*, vol. 17, pp. 32-37.

Damasio, A.R. (1994), *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*, G.P. Putnam, Nueva York.

Denham, S.A. y R. Burton (2003), *Social and Emotional Prevention and Intervention Programming for Preschoolers*, Kluwer-Plenum, Nueva York.

Eippert, F., R. Veit, N. Weiskopf, M. Erb, N. Birbaumer y S. Anders (2006), "Regulation of Emotional Responses Elicited by Threat-related Stimuli", *Hum Brain Mapp*, 28 de noviembre.

Eisenberg, N. y R.A. Fabes (eds.) (1992), *Emotion and Its Regulation in Early Development: New Directions for Child and Adolescent Development*, Jossey-Bass/Pfeiffer, San Francisco, CA.

Epstein, R., N. Chillag y P. Lavie (1998), "Starting Times of School: Effects on Daytime Functioning of Fifth-grade Children in Israel", *Sleep*, vol. 21, pp. 250-256.

Fadiga, L., L. Fogassi, G. Pavesi y G. Rizzolatti (1995), "Motor Facilitation during Action Observation: A Magnetic Stimulation Study", *Journal of Neurophysiology*, vol. 73, núm. 6, pp. 2608-2611.

Ferber, R. y M. Kryger (eds.) (1995), *Principles and Practice of Sleep Medicine in the Child*, W.B. Saunders Company, Filadelfia.

Fries, A.B., T.E. Ziegler, J.R. Kurian, S. Jacoris y S.D. Pollak (2005), "Early Experience in Humans is Associated with Changes in Neuropeptides Critical for Regulating Social Behaviour", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 102, núm. 47, pp. 17237-17240.

Gesch, C.B., S.M. Hammond, S.E. Hampson, A. Eves y M.J. Crowder (2002), "Influence of Supplementary Vitamins, Minerals and Essential Fatty Acids on the Antisocial Behaviour of Young Adult Prisoners: Randomised, Placebo-Controlled Trial", *British Journal of Psychiatry*, vol. 181, núm. 1, pp. 22-28.

Green, C. y D. Bavelier (2003), "Action Video Game Modifies Visual Selective Attention", *Nature*, vol. 423, pp. 534-537.

Gros, B. (2003), "The Impact of Digital Games in Education", *First Monday,* diario reseñado por pares.

Gross, J.J. y O.P. John (2003), "Individual Differences in Two Emotion Regulation Processes: Implications for Affect, Relationships, and Well-being", *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 85, pp. 348-362.

Horne, J.A. (2000), "REM Sleep-By Default?", *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 24, núm. 8, pp. 777-797.

Huber, R., M.F. Ghilardi, M. Massimini y G. Tononi (2004), "Local Sleep and Learning", *Nature*, vol. 430, núm. 6995, pp. 78-81.

Ji, D. y M.A. Wilson (2007), "Co-ordinated Memory Replay in the Visual Cortex and Hippocampus during Sleep", *Nature Neuroscience*, vol. 10, núm. 1, pp. 100-107.

Johnson, S. (2004), "Thinking Faster: Are the Brain's Emotional Circuits Hardwired for Speed?", *Discover*, vol. 25, núm. 5, mayo.

Kahn, A., C. Van de Merckt, E. Rebuffat, M.J. Mozin, M. Sottiaux, D. Blum y P. Hennart (1989), "Sleep Problems in Healthy Preadolescents", *Pediatrics*, vol. 84, pp. 542-546.

Kavanau, J.L. (1997), "Memory, Sleep and the Evolution of Mechanisms of Synaptic Efficacy Maintenance", *Neuroscience*, vol. 79, núm. 1, pp. 7-44.

Latz, S., A.W. Wolf y B. Lozoff (1999), "Cosleeping in Context: Sleep Practices and Problems in Young Children in Japan and the United States", *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, vol. 153, pp. 339-346.

LeDoux, J.E. (2000), "Emotion Circuits in the Brain", *Annual Review of Neuroscience*, vol. 23, pp. 155-184.

Lewis, M.D. y J. Stieben (2004), "Emotion Regulation in the Brain: Conceptual Issues and Directions for Developmental Research", *Child Development*, vol. 75, núm. 2, marzo, pp. 371-376.

Lozoff, B., A.W. Wolf y N.S. Davis (1984), "Cosleeping in Urban Families with Young Children in the United States", *Pediatrics*, vol. 74, pp. 171-182.

Madansky, D. y C. Edelbrock (1990), "Cosleeping in a Community Sample of 2- and 3-year-old Children", *Pediatrics*, vol. 86, pp. 197-203.

Maquet, P. (2001), "The Role of Sleep in Learning and Memory", *Science*, vol. 294, núm. 5544, pp. 1048-1052.

Marcotte, A.C., P.V. Thacher, M. Butters, J. Bortz, C. Acebo y M.A. Carskadon (1998), "Parental Report of Sleep Problems in Children with Attentional and Learning Disorders", *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, vol. 19, pp. 178-186.

Marshall, L., H. Helgadottir, M. Molle y J. Born (2006), "Boosting Slow Oscillations during Sleep Potentiates Memory", vol. 444, núm. 7119, pp. 610-613.

McEwen, B.S. y R.M. Sapolsky (1995), "Stress and Cognitive Function", *Curr Opin Neurobiol*, vol. 5, pp. 205-216.

McFarlane, A., A. Sparrowhawk y Y. Heald (2002), reporte sobre el uso educativo de los juegos, TEEM, Cambridge, *www.teem.org.uk/publications/teem_gamesined_full.pdf.*

McGraw, K.O. (1978), "The Detrimental Effects of Reward on Performance: A Literature Review and a Prediction Model", en M.R. Lepper y D. Greene (eds.), *The Hidden Costs of Reward: New Perspectives on the Psychology of Human Motivation*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 33-60.

Meyers, A.F., A.E. Sampson, M. Weitzman, M.L. Rogers y H. Kayne (1989), "School Breakfast Program and School Performance", *American Journal of Diseases of Children*, vol. 143, núm. 10, pp. 1234-1239.

Mindell, J.A., M.L. Moline, S.M. Zendell, L.W. Brown y J.M. Fry (1994), "Pediatricians and Sleep Disorders: Training and Practice", *Pediatrics*, vol. 94, pp. 194-200.

Minnesota Department of Children, Families and Learning (1998), *School Breakfast Programs Energizing the Classroom*, Minnesota Department of Children, Families and Learning, Roseville, MN.

Miyamoto, H. y T.K. Hensch (2003), "Reciprocal Interaction of Sleep and Synaptic Plasticity", *Molecular Interventions*, vol. 3, núm. 7, pp. 404-407.

Molteni, R., A. Wu, S. Vaynman, Z. Ying, R.J. Barnard y F. Gomez-Pinilla (2004), "Exercise Reverses the Harmful Effects of Consumption of a High-fat Diet on Synaptic and Behavioral Plasticity Associated to the Action of Brain-derived Neurotrophic Factor", *Neuroscience*, vol. 123, núm. 2, pp. 429-440.

Morrison, D.N., R. McGee y W.R. Stanton (1992), "Sleep Problems in Adolescence", *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, vol. 31, pp. 94-99.

Moser, T. (2001), "Sprechen ist Silber, Bewegen ist Gold? Zum Zusammenhang zwischen Sprache und Bewegung aus psychomotorischer und handlungstheoretischer Sicht", en J.R.Nitsch y H. Allmer (eds.), *Denken –*

Sprechen – Bewegen. Bericht über die 32. Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie vom 1.3. Juni 2000 in Köln, Köln, pp. 168-174.

Moser, T. (2004), "The Significance of Physical Activity for the Psychosocial Domain: A Crash between Myths and Empirical Reality?", en P. Jørgensen y N. Vogensen (eds.), *What's Going on in the Gym? Learning, Teaching and Research in Physical Education*, University of Southern Denmark, Odense, pp. 50-71.

Motluk, A. (2005), "Do Games Prime Brain (Sic) for Violence?", *New Scientist*, vol. 186, núm. 2505, 25 de junio, p. 10.

Mourão-Miranda, J., E. Volchan, J. Moll, R. de Oliveira-Souza, L. Oliveira, I. Bramati, R. Gattass y L. Pessoa (2003), "Contributions of Stimulus Valence and Arousal to Visual Activation during Emotional Perception", *Neuroimage*, vol. 20, núm. 4, pp. 1955-1963.

Nelson, L. (2004), "While You Were Sleeping", *Nature*, vol. 430, núm. 7003, pp. 962-964.

Nicolson, R.I., A.J. Fawcett y P. Dean (1995), "Time Estimation Deficits in Developmental Dyslexia: Evidence of Cerebellar Involvement", *Proceedings. Biological Sciences*, vol. 259, núm. 1354, pp. 43-47.

Nussbaum, M.C. (2001), *Upheavals of Thought: the Intelligence of Emotions*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 751.

Nussbaum, M., R. Rosas, P. Rodríguez, Y. Sun y V. Valdivia (1999), "Diseño, desarrollo y evaluación de video juegos portátiles educativos y autorregulados", *Ciencia al Día Internacional*, vol. 2, núm. 3, pp. 1-20.

Ochsner, K.N., R.D. Ray, J.C. Cooper, E.R. Robertson, S. Chopra, J.D. Gabrieli y J.J. Gross (2004), "For Better or for Worse: Neural Systems Supporting the Cognitive down-and up-regulation of Negative Emotion", *Neuroimage*, vol. 23, núm. 2, pp. 483-499.

O'Connor, T.G., D. Bredenkamp y M. Rutter (1999), "Attachment Disturbances and Disorders in Children Exposed to Early Severe Deprivation", *Infant Mental Health Journal*, vol. 20, núm. 10, pp. 10-29.

OECD (2002a), primer foro de alto nivel sobre "mecanismos del cerebro y el aprendizaje temprano", Nueva York, *www.oecd.org/dataoecd/40/18/15300896.pdf.*

OECD (2002b), *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*, OCDE, París.

OECD (2002c), "Learning Sciences and Brain Research: Report of the Launching Meeting of Phase II", Royal Institution, Londres, 29-30 de abril, pp. 7-8, *www.oecd.org/dataoecd/40/36/15304667.pdf.*

OECD (2003a), "A Report of the Brain Research and Learning Sciences Mini-symposium on the Design of Rehabilitation Software for Dyscalculia", INSERM Cognitive Neuroimagery Unit, Orsay, Francia, 20 de septiembre, *www.oecd.org/dataoecd/50/39/18268884.pdf.*

OECD (2003b), "A Report of the Brain Research and Learning Sciences Emotions and Learning Planning Symposium", Psychiatric Hospital, University of Ulm, Alemania, 3 de diciembre, *www.oecd.org/dataoecd/57/49/23452767.pdf.*

Ohayon, M.M., M. Caulet, P. Philip, C. Guilleminault y R.G. Priest (1997), "How Sleep and Mental Disorders are Related to Complaints of Daytime Sleepiness", *Archives of Internal Medicine*, vol. 157, pp. 2645-2652.

Owens, J.A., R. Maxim, C. Nobile, M. McGuinn y M. Msall (2000a), "Parental and Self-report of Sleep in Children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder", *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, vol. 154, pp. 549-555.

Owens, J.A., A. Spirito y M. McGuinn (2000b), "The Children's Sleep Habits Questionnaire (CSHQ): Psychometric Properties of a Survey Instrument for School-aged Children", *Sleep*, vol. 23, pp. 1043-1051.

Pantev, C. (2003), "Representational Cortex in Musicians", en I. Peretz y R.J. Zatorre (eds.), *The Cognitive Neuroscience of Music*, Oxford University Press, Nueva York, pp. 382-395.

Pantev, C., R. Oostenveld, A. Engelien, B. Ross, L.E. Roberts y M. Hoke (1998), "Increased Auditory Cortical Representation in Musicians", *Nature*, vol. 392, núm. 6678, pp. 811-813.

Peyton, J.L., W.T. Bass, B.L. Burke y L.M. Frank (2005), "Novel Motor and Somatosensory Activity is Associated with Increased Cerebral Cortical Blood Volume Measured by Near-infrared Optical Topography", *Journal of Child Neurology*, vol. 10, pp. 817-821.

Poelstra, P.A. (1984), "Relationship between Physical, Psychological, Social, and Environmental Variables and Subjective Sleep Quality", *Sleep*, vol. 7, pp. 255-260.

Randazzo, A.C., M.J. Muehlbach, P.K. Schweitzer y J.K. Walsh (1998), "Cognitive Function Following Acute Sleep Restriction in Children Ages 10-14", *Sleep*, vol. 21, pp. 861-868.

Rasch, B., C. Büchel, S. Gais y J. Born (2007), "Odor Cues During Slow-Wave Sleep Prompt Declarative Memory Consolidation", *Science*.

Reite, M. (1998), "Sleep Disorders Presenting as Psychiatric Disorders", *Psychiatric Clinics of North America*, vol. 21, pp. 591-607.

Richardson, A.J. y P. Montgomery (2005), "The Oxford-Durham Study: A Randomized Controlled Trial of Dietary Supplementation with Fatty Acids in Children with Developmental Co-ordination Disorder", *Pediatrics*, vol. 115, núm. 5, pp. 1360-1366.

Rimmele, U., B. Costa Zellweger, B. Marti, R. Seiler, C. Mohiyedinni, U. Ehlert y M. Heinrichs (2007a), "Elite Sportsmen Show Lower Cortisol, Heart Rate and Psychological Responses to a Psychosocial Stressor Compared with Untrained Men", *Psychoneuroendocrinology*.

Rimmele, U. *et al.* (2007b), "Blunted Stress Reactivity of Elite Sportsmen to Mental Stress".

Rintala, P., K. Pienimäki, T. Ahonen, M. Cantell y L. Kooistra (1998), "The Effects of Psychomotor Training Programme on Motor Skill Development in Children with Developmental Language Disorders", *Human Movement Science*, vol. 17, núm. 4-5, pp. 721-737.

Rona, R.J., L. Li, M.C. Gulliford y S. Chinn (1998), "Disturbed Sleep: Effects of Sociocultural Factors and Illness", *Archives of Disease in Childhood*, vol. 78, pp. 20-25.

Rosenberg, M. (1999), "Non-Violent Communication: A Language of Compassion", PuddleDancer Press, Encinitas, California.

Roth, K. y R. Winter (1994), "Entwicklung Koordinativer Fähigkeiten", en J. Baur, K. Bös and R. Singer (eds.), *Motorische Entwicklung – Ein Handbuch*, Verlag Karl Hofmann, Schorndorf, pp. 191-216.

Rudel, R.G. (1985), "The Definition of Dyslexia: Language and Motor Deficits", en Frank H. Duffy (ed.), *Dyslexia: A Neuroscientific Approach to Clinical Evaluation*, Little Brown, Boston, pp. 33-53.

Ruoho, K. (1990), *Zum Stellenwert der Verbosensomotorik im Konzept prophylaktischer Diagnostik der Lernfähigkeit bei finnischen Vorschulkindern im Alter von sechs Jahren*, University of Joensuu, Joensuu.

Schlaug, G. (2003), "The Brain of Musicians", en I. Peretz y R.J. Zatorre (eds.), *The Cognitive Neuroscience of Music*, Oxford University Press, Oxford, pp. 366-381.

Shield, B.M. y J.E. Dockrell (2004), "External and Internal Noise Surveys of London Primary Schools", *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 115, pp. 730-738.

Siegel, J. (2003), "Why We Sleep", *Scientific American*, noviembre.

Simonds, J.F. y H. Parraga (1984), "Sleep Behaviors and Disorders in Children and Adolescents Evaluated at Psychiatric Clinics", *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, vol. 5, pp. 6-10.

Singer, T., B. Seymour, J. O'Doherty, H. Kaube, R.J. Dolan y C.D. Frith (2004), "Empathy for Pain Involves the Affective but Not Sensory Components of Pain", *Science*, vol. 303, núm. 5661, pp. 1157-1162.

Smedje, H., J.E. Broman y J. Hetta (1998), "Sleep Disturbances in Swedish Pre-school Children and their Parents", *Nordic Journal of Psychiatry*, vol. 52, pp. 59-67.

Smedje, H., J.E. Broman y J. Hetta (2001), "Associations between Disturbed Sleep and Behavioural Difficulties in 635 Children Aged Six to Eight Years: A Study Based on Parents' Perceptions", *European Child and Adolescent Psychiatry*, vol. 10, pp. 1-9.

Smith, C. (1996), "Sleep States, Memory Processes and Synaptic Plasticity", *Behavioural Brain Research*, vol. 78, núm. 1, pp. 49-56.

Steenari, M.R., V. Vuontela, E.J. Paavonen, S. Carlson, M. Fjällberg y E. Aronen (2003), "Working Memory and Sleep in 6- to 13-year-old Schoolchildren", *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, vol. 42, pp. 85-92.

Stein, M.A. (1999), "Unravelling Sleep Problems in Treated and Untreated Children with ADHD", *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, vol. 9, pp. 157-168.

Stickgold, R. (2003), "Human Studies of Sleep and Off-Line Memory Reprocessing", en P. Maquet, C. Smith y R. Stickgold (eds.), *Sleep and Brain Plasticity*, Oxford University Press, Nueva York, pp. 42-63.

Thompson, R.A. (1994), "Emotional Regulation: A Theme In Search Of a Definition", en N.A. Fox (ed.), *The Development of Emotion Regulation: Biological and Behavioural Considerations. Monographs of the Society for Research in Child Development*, serie núm. 240, vol. 59, núms. 2-3, University of Chicago Press, Chicago, pp. 25-52.

Weber, R., U. Ritterfeld y K. Mathiak (2006), "Does Playing Violent Video Games Induce Aggression? Empirical Evidence of a Functional Magnetic Resonance Imaging Study", *Media Psychology*, vol. 8, núm. 1, pp. 39-60.

Weinberger, N.M. (2004), "Music and the Brain", *Scientific American*, noviembre, pp. 67-73.

Wesnes, K.A., C. Pincock, D. Richardson, G. Helm y S. Hails (2003), "Breakfast Reduces Declines in Attention and Memory Over the Morning in Schoolchildren", *Appetite*, vol. 41, núm. 3, pp. 329-331.

Wiggs, L. y G. Stores (2001), "Sleeplessness", en G. Stores y L. Wiggs (eds.), *Sleep Disturbance in Children and Adolescents with Disorders of Development: its Significance and Management. Clinics in Developmental Medicine*, Cambridge University Press, vol. 155, pp. 24-29.

Winter, R. y K. Roth (1994), "Entwicklung motorischer Fertigkeiten", en J. Baur, K. Bös y R. Singer (eds.), *Motorische Entwicklung – Ein Handbuch*, Verlag Karl Hofmann, Schorndorf, pp. 217-237.

Wolfson, A.R. y M.A. Carskadon (1998), "Sleep Schedules and Daytime Functioning in Adolescents", *Child Development*, vol. 69, núm. 4, pp. 875-887.

Wright, E. (2004), *Generation Kill*, Bantam Press, Londres.

CAPÍTULO 4
La alfabetización y el cerebro

Sólo porque algunos de nosotros
podemos leer, escribir y hacer algo con las matemáticas
no significa que merezcamos conquistar el Universo.
Kurt Vonnegut

Este capítulo describe el estado del conocimiento sobre el funcionamiento del cerebro con relación al lenguaje y a la lectura. Nos ayuda a abordar preguntas acerca de cuándo y cómo puede ser adquirida de mejor manera la habilidad lectora y cuál es el ambiente deseable que la respalda. Tal información será de utilidad para aquellos responsables de las políticas para aumentar el lenguaje y educación de la lectura, los educadores profesionales, y ciertamente los padres que se están preguntando cómo leer mejor con sus niños. Se dedica especial atención a las diferencias en los idiomas con ortografías "profundas" (como el inglés) y ortografías "superficiales" (como el finés). Se discute en específico la dislexia y lo que la evidencia examinada en este capítulo tiene que decir acerca de posibles estrategias terapéuticas.

Mientras usted proyecta su vista sobre las formas y los signos de esta página, repentinamente está en contacto con los pensamientos de una persona en una fría tarde de enero de París de hace algún tiempo. La notable habilidad de las palabras para desafiar los límites del tiempo y del espacio es de tremenda importancia y permite la evolución acumulativa de la cultura. Mientras usted lee esta página, no sólo está en contacto con los pensamientos de una persona en particular, en un día en particular en París, sino de manera indirecta, con la sabiduría colectiva de la historia cultural que sustenta estos pensamientos (Tomasello, 1999). Sin la alfabetización como mecanismo para transmitir la información a través de los límites del tiempo y del espacio, la capacidad del pensamiento humano de construir sobre sí mismo se vería gravemente restringida dentro de los límites de la memoria. La alfabetización es fundamental para el progreso humano.

Aprender a leer requiere del dominio de un conjunto de destrezas o habilidades complejas. Primero, debe adquirirse el conocimiento de la morfología –las formas ya sea de las letras de un alfabeto, los símbolos silábicos o los ideogramas–. Luego, los símbolos ortográficos deben ser

comprendidos como las etiquetas –la ortografía– que pueden ser conectadas [*mapped*] con sonidos, sin los cuales los símbolos alfabéticos sobre esta página permanecerían como formas arbitrarias. Aún más, una comprensión de la fonética –la conexión de palabras a sonidos– es una herramienta vital (pero en sí insuficiente) para la decodificación de las palabras. En los lenguajes alfabéticos con ortografías profundas, tales como el inglés o el francés,[1] las combinaciones grafemas-fonemas son variables. Entre ellas el inglés tiene el mayor grado de representaciones "irregulares" entre los lenguajes alfabéticos con más de mil posibles combinaciones de letras empleadas para representar los 42 sonidos del idioma. Por lo tanto, la lectura, en particular en los idiomas de ortografías profundas, involucra el uso de estrategias suplementarias además de la decodificación fonológica de símbolos a sonidos. Éstas incluyen el empleo de indicadores de contexto, al reconocer palabras completas y notar analogías de palabras parciales tales como "*ate*", común a "*late*" y "*gate*". Aún más, una vez que una palabra ha sido decodificada, entender el sentido del texto requiere de habilidades adicionales: el conocimiento semántico de los sentidos de las palabras. Todavía más, el conocimiento de las reglas de sintaxis que gobiernan las disposiciones de las palabras, para mostrar sus relaciones entre ellas, también es crítico para el sentido: "Orsino ama a Olivia" no significa lo mismo que "Olivia ama a Orsino". Y aún más que todo esto, cada palabra debe ser integrada con palabras leídas previamente, lo cual requiere la coordinación de diferentes funciones, componentes y un sistema de memoria operativa.

Los circuitos neuronales que apoyan la alfabetización, que demanda todas estas destrezas o habilidades, son conducidos por la interacción y sinergia entre el cerebro y la experiencia, y, por lo tanto, la aplicabilidad de un marco de desarrollo dinámico, tal como una teoría sobre las destrezas o habilidades, a la comprensión de la alfabetización (Fischer, Immordino-

[1] Los lenguajes con ortografías "profundas" son aquellos que hacen corresponder [*map*] los sonidos con las letras, pero con un elevado grado de variabilidad. En estos lenguajes a menudo no es posible determinar con precisión las asociaciones letra-sonido sin el contexto de la palabra completa. Por ejemplo, consideren la siguiente combinación de letras en inglés: *ghoti*. Si la *gh* se pronuncia tal como en *laugh*, la *o* tal cual se pronuncia en *women*, y la *ti* como en *nation*, *ghoti* puede leerse como *fish*. En contraste, en los lenguajes con ortografías superficiales (*shallow*), las correspondencias entre las letras y los sonidos son cercanas. Por ejemplo, en el finés hay 23 asociaciones que calzan con el número exacto de letras.

Yang y Waber, 2007). La teoría de la destreza o habilidad reconoce que la competencia en la lectura puede alcanzarse mediante múltiples caminos de desarrollo. Mediante estos lentes, la neurociencia puede permitir el diseño de una instrucción de lectura más eficaz e incluyente.

El lenguaje y las sensibilidades del desarrollo

El cerebro está biológicamente preparado para adquirir el lenguaje. Chomsky (1959) postuló que el cerebro está equipado con una receta para convertir las secuencias de sonidos en representaciones de sentido, que es análogo al sistema para traducir la información sensorial en representaciones de objetos. Esto es, el cerebro está diseñado por la evolución para procesar ciertos estímulos de acuerdo con reglas universales del lenguaje. De hecho, hay estructuras especializadas del cerebro para el lenguaje: la investigación ha establecido el papel desempeñado por el giro frontal inferior izquierdo y el giro medio posterior izquierdo (área de Broca y área de Wernicke, respectivamente. Ver la Figura 2.3.). El área de Broca, de la cual hace mucho tiempo se comprendía que estaba involucrada en la producción del lenguaje, ahora se la asocia con una gama más amplia de funciones lingüísticas (Bookheimer, 2002). El área de Wernicke está involucrada en la semántica (Bookheimer *et al.*, 1998; Thompson-Schill *et al.*, 1999). Críticamente, estas estructuras son para niveles superiores de procesamiento y, por lo tanto, no están restringidas al procesamiento más simple de estímulos auditivos entrantes –la audición *per se*–. También la información visual puede ser procesada de manera lingüística, como en el caso del lenguaje de signos.

Aunque ciertas estructuras cerebrales están biológicamente preparadas para el lenguaje, el proceso de adquisición del lenguaje necesita del catalizador de la experiencia. Hay sensibilidades del desarrollo (las ventanas de oportunidad mencionadas en el Capítulo 1), ya que los circuitos del lenguaje están más receptivos a modificaciones particulares dependientes de la experiencia en ciertas etapas del desarrollo del individuo. Los recién nacidos nacen con una habilidad para discernir cambios fonéticos sutiles a lo largo de un rango continuo, pero la experiencia con un idioma en particular durante los diez primeros meses de vida torna al cerebro sensible a sonidos relevantes de ese idioma (Gopnik, Meltzoff y Kuhl, 1999). Por ejemplo, los sonidos consonantes *r* y *l* ocurren a lo largo de un espectro continuo, y todos los recién nacidos escuchan los

sonidos de esta forma. Sin embargo, los cerebros de bebés inmersos en un ambiente de habla inglesa son modificados de manera gradual para percibir este espectrograma continuo como dos categorías distintas: *r* y *l*. Se desarrolla una representación prototípica de cada fonema y los sonidos entrantes son calzados con estas representaciones y clasificados ya sea como *r* o *l*. Los bebés inmersos en un ambiente de habla japonesa, por contraste, no forman estos prototipos ya que esta distinción no es relevante al japonés. En cambio, ellos forman prototipos de sonidos relevantes a su idioma y de hecho pierden la habilidad para discriminar entre la *r* y la *l* alrededor de los diez meses de edad. Este fenómeno ocurre para variadas diferenciaciones de sonidos en varios idiomas (Gopnik, Meltzoff y Kuhl, 1999). Por lo tanto, el cerebro está adecuado de forma óptima para adquirir los prototipos del lenguaje al cual un bebé está expuesto en los primeros diez meses desde su nacimiento.[2]

También hay una sensibilidad del desarrollo para el aprendizaje de la gramática de un idioma: mientras antes se aprende un lenguaje el cerebro puede dominar su gramática con mayor eficiencia (Neville y Bruer, 2001). Si el cerebro se expone a un idioma extranjero entre las edades de uno y tres, la gramática es procesada por el hemisferio izquierdo, tal como en un parlante nativo, pero si se dilata el aprendizaje hasta las edades entre los cuatro y los seis años, esto significará que el cerebro procesará la información gramatical con ambos hemisferios. Cuando la exposición inicial ocurre a las edades de 11, 12 o 13 años, correspondientes a la etapa temprana de la escuela secundaria, los estudios mediante las técnicas de imagenología del cerebro revelan un patrón de activación aberrante. Por lo tanto, dilatar la exposición al lenguaje conduce a que el cerebro use una estrategia diferente para el procesamiento gramatical. Esto es consistente con los descubrimientos del comportamiento: que la exposición tardía a otro idioma resulta en déficits significativos en su procesamiento gramatical (Fledge y Fletcher, 1992). Así, el patrón parece ser que la exposición temprana a la gramática conduce a una estrategia de procesamiento altamente efectiva, en contraste con estrategias de procesamiento alternativas y menos eficientes asociadas con exposición tardía.

[2] Pero permanece posible que los adultos aprendan discriminación de sonidos. McClellan, Fiez y McCandliss (2002) han mostrado que, gracias a una exposición contrastada exagerada, los japoneses adultos pueden aprender a discriminar entre los sonidos del inglés /r/ y /l/ aun cuando este contraste sea ajeno al japonés.

Además, hay un período sensible para adquirir el *acento* de un idioma (Neville y Bruer, 2001). Este aspecto de procesamiento fonológico se aprende más efectivamente antes de los 12 años de edad. Sin embargo, las sensibilidades del desarrollo son para funciones lingüísticas específicas, y hay otros aspectos de la fonología que ni siquiera parecen tener un período sensible.

En resumen, hay una relación inversa entre la edad y la efectividad del aprendizaje de muchos aspectos del lenguaje –en general, mientras menor sea la edad de exposición, más exitoso es el aprendizaje del lenguaje–. Esto se contrapone con las políticas educacionales de numerosos países, donde la instrucción en un idioma extranjero no se inicia sino hasta la adolescencia. Aunque se necesita mayor investigación para desarrollar un mapa completo de las sensibilidades del desarrollo para el aprendizaje de varios aspectos del lenguaje, las implicaciones de los descubrimientos actuales son claras:

Mientras antes se inicie la instrucción en un idioma extranjero es más probable que sea más eficiente y efectiva.

Sin embargo, para que la instrucción temprana sea efectiva, debe ser apropiada a la edad. No sería de utilidad tomar métodos basados en reglas diseñadas para alumnos de mayor edad e insertarlos en las aulas para la infancia temprana. En otras palabras, es necesario que la instrucción temprana de un idioma extranjero sea diseñada de manera apropiada para niños pequeños. Aunque el aprendizaje temprano del lenguaje es más eficiente y efectivo, es importante notar que es posible aprender un idioma a lo largo del ciclo vital: los adolescentes y los adultos también pueden aprender un idioma extranjero, aunque con mayor dificultad. De hecho, si son inmersos en un ambiente de idioma nuevo, lo pueden aprender "muy bien", aunque aspectos particulares, tales como el acento,[3] puede que nunca se desarrollen tan completamente como lo podrían haber hecho si el idioma hubiera sido aprendido más temprano.

[3] Para un extranjero que habla en un idioma dado, el beneficio de adquirir un "acento de parlante nativo" no está del todo claro. Mientras uno pueda darse a entender, ¿qué tiene de malo "hablar con un acento extranjero"? Sin embargo, demasiado a menudo los sistemas educacionales suponen que la meta última para los estudiantes es (o debería ser) "alcanzar el nivel de un parlante nativo" (a propósito, ¿de cuál de ellos?), incluso respecto de la fonética.

También hay diferencias individuales, ya que el grado y la duración de las sensibilidades del desarrollo varían de un individuo a otro. Algunos individuos son capaces de dominar todos los aspectos de un idioma extranjero hasta en la adultez.

La alfabetización en el cerebro

En contraste con el lenguaje, no hay estructuras cerebrales diseñadas por la evolución para adquirir la *alfabetización*. La experiencia no dispara un conjunto de procesos sesgados biológicamente que conduzca a la alfabetización, como en el caso del lenguaje. En cambio, la experiencia crea la capacidad para la alfabetización en el cerebro de manera progresiva mediante modificaciones neuronales acumulativas, expresadas por Pinker (1995) como: "Los niños están diseñados para el sonido, pero lo impreso es un accesorio opcional que debe ser dolorosamente aprendido". La experiencia con la palabra impresa construye de manera gradual los circuitos del cerebro para dar soporte a la lectura.

El papel crucial de la experiencia en la construcción de circuitos neuronales capaces de dar soporte a la alfabetización sugiere que se debe prestar atención a las diferencias en el grado al cual los ambientes del hogar proporcionan una base de prehabilidad lectora de manera temprana. Por ejemplo, Hart y Risley (2003) informan que simplemente el número de palabras a las cuales han sido expuestos los niño de Estados Unidos de trasfondos socioeconómicos desventajados a la edad de tres años iba a la zaga de los niños sin desventajas en 30 millones de ocurrencias. Tal limitada exposición podría ser insuficiente para apoyar el desarrollo de destrezas o habilidades de prealfabetización en el cerebro, por lo cual entorpecería de forma crónica las destrezas o habilidades de lectura posteriores. Estos niños podrían ser bien capaces de ponerse al día mediante la experiencia posterior, pero la realidad es que a menudo no lo hacen (Wolf, 2007). Por lo tanto, a partir de este trabajo son de relevancia para las políticas:

Las iniciativas que apuntan a asegurar que todos los niños cuenten con suficientes oportunidades para desarrollar las destrezas o habilidades de la prealfabetización en la infancia temprana son esenciales.

Si bien el cerebro no se encuentra biológicamente predispuesto para la adquisición de la alfabetización, sí lo está para adaptarse a la experiencia.

Por ejemplo, está dotado de circuitos para el lenguaje capaces de procesar aportes (*input*) visuales. Las capacidades plásticas adaptativas del cerebro permiten que los estímulos provenientes de la experiencia utilicen estructuras del lenguaje, al construir los circuitos neuronales capaces de apoyar la alfabetización. A menudo esto se expresa como que la alfabetización es construida "encima o sobre" el lenguaje. En términos de la metáfora clásica de Vygotsky, las estructuras del lenguaje proporcionan los andamios para que la alfabetización sea construida en el cerebro (Vygotsky, 1978).

Debido a que la habilidad lectora se encuentra parcialmente construida con circuitos del lenguaje, la investigación futura debería investigar la posibilidad de que las sensibilidades del desarrollo para ciertos aspectos de la adquisición del lenguaje influyan sobre la facilidad con la cual los diferentes aspectos de la lectura son adquiridos. Si dichas influencias fueran identificadas, esto podría tener implicaciones para la política y la práctica educacional respecto del marco temporal para enseñar diferentes destrezas o habilidades de alfabetización, y podrían reforzar la importancia de desarrollar destrezas o habilidades de prealfabetización en la infancia temprana.

La investigación que apunta a delinear las áreas corticales que apoyan la lectura se está acumulando rápidamente. Hasta la fecha, el modelo más amplio y bien respaldado de la lectura es la teoría de la "ruta doble" (Jobard, Crivello, Tzourio-Mazoyer, 2003). Ésta proporciona un marco para la descripción de la lectura en el cerebro en el nivel de la palabra. Mientras usted está viendo las palabras de esta página, el estímulo es primero procesado por la corteza visual primaria. Luego ocurre el procesamiento preléxico (prelexical) en la unión occípito-temporal. La teoría de la ruta doble propone que, luego, el procesamiento sigue una de dos rutas complementarias: la ruta *ensamblada* involucra un paso intermedio de conversión grafo-fonológica –convirtiendo las letras/palabras en sonidos– lo cual ocurre en ciertas áreas temporal izquierdo y frontal, incluyendo el área de Broca; la ruta *dirigida* consiste en una transferencia directa de información desde el procesamiento preléxico al sentido (acceso semántico). Ambas rutas terminan en el área temporal basal izquierda, el giro interior frontal izquierdo y el giro posterior medio o área de Wernicke. La ruta que involucra acceso directo al sentido ha

conducido a la propuesta de una "área de forma visual de la palabra" [VWFA, sigla en inglés] en la unión ventral entre los lóbulos occipital y temporal. Antes se postuló que esta área contenía un léxico visual o una colección de palabras que funcionaba de forma inmediata para identificar las palabras completas cuando eran vistas. La investigación reciente ha sugerido una conclusión modificada, por la cual esta región puede de hecho consistir de constelaciones de áreas adyacentes sensibles a varios aspectos de hileras de palabras, como el largo o el orden de éstas. El proceso completo desde el procesamiento visual (ver) a la recuperación semántica (entender) ocurre muy rápidamente, dentro de 600 milisegundos.

Una comprensión de la alfabetización en el cerebro puede dar información para la instrucción de la lectura. Por un lado, la doble importancia en el cerebro del procesamiento fonológico y del procesamiento directo semántico, o del sentido por el otro, puede dar información al debate clásico entre los enfoques desde arriba hacia abajo o desde abajo hacia arriba –la inmersión en el texto del "lenguaje global" y el desarrollo de habilidades fonéticas, respectivamente–. La importancia doble de ambos procesos en el cerebro sugiere que:

Un enfoque equilibrado a la instrucción en alfabetización que apunte a la fonética y al aprendizaje del "lenguaje global" puede ser el más efectivo.[4]

Para respaldar esta declaración, los informes del Panel Nacional de Lectura de Estados Unidos [*United States' National Reading Panel*] (2000) y del Consejo Nacional de Investigación [*National Research Council*] (Snow, Burns y Griffin, 1998) confirman los beneficios educacionales de un enfoque equilibrado para la instrucción de lectura. Mientras más relevantes sean los estudios sobre la lectura, menos debates habrá acerca

[4] Esta declaración debe ser matizada, ya que la investigación del cerebro que respalda la teoría doble de la lectura fue conducida principalmente en hablantes de inglés que, supuestamente, habían seguido una ruta normativa del desarrollo al aprender a leer. Por lo tanto, las implicaciones de este trabajo podrían ser menos relevantes para los niños que aprenden a leer en otros idiomas o que siguen rutas de desarrollo atípicas. En particular, la transferencia de investigación a través de idiomas con diferentes niveles de complejidad ortográfica o de lenguajes alfabéticos o no alfabéticos es cuestionable. Es de interés tener en cuenta que la mayoría de la investigación anglosajona, al trabajar (inconscientemente) sobre un caso extremo, no parece haber tomado en cuenta este aspecto crucial. Sólo recientemente algunos investigadores se han dado cuenta de este tema.

de la instrucción en lectura (modelos para enseñar/aprender modelos de adquisición de alfabetización) basados en ideologías, creencias o resultados estadísticos. La discusión estará anclada cada vez más en la evidencia científica.

Los neurocientíficos apenas están empezando a investigar la lectura a nivel de frases completas. Los resultados preliminares sugieren que las operaciones que entran en la construcción de frases, de cómo se usan estas operaciones en la determinación del sentido y de los sistemas de memoria operantes que apoyan estas operaciones, comparten sustratos/circuitos neuronales comunes que involucran la audición y la visión (Caplan, 2004). Esto implica que la lectura de frases involucra, reúne las estructuras responsables de estas funciones en el lenguaje.

El desarrollo de la alfabetización mediada lingüísticamente

Si bien gran parte de los circuitos neuronales que respaldan la lectura son los mismos para diferentes idiomas, también hay diferencias importantes. Un tema central que concierne al cerebro y la lectura es la forma como la habilidad lectora es creada a través de la colonización de estructuras cerebrales, incluyendo aquellas especializadas para el lenguaje y aquellas más adecuadas para servir a otras funciones. Las operaciones que son comunes al habla y a la palabra impresa, como la semántica, la sintaxis y la memoria operativa (*working brain*) reúnen estructuras cerebrales que están especializadas para el lenguaje y que están basadas biológicamente y son comunes para los idiomas. Hay restricciones biológicas que determinan cuáles estructuras cerebrales son las más adecuadas para asumir otras funciones que apoyan la alfabetización. Por lo tanto, se comparte gran cantidad de circuitos de lectura para los idiomas. Incluso así, algunas veces la alfabetización en diferentes idiomas requiere de funciones distintas, como diferentes estrategias para decodificar o reconocer palabras. En estos casos, a menudo son introducidas a la operación estructuras cerebrales distintivas, para respaldar estos aspectos de la lectura, que son específicos para estos idiomas particulares.

Por lo tanto, la teoría de la ruta doble de la lectura, la cual se desarrolló principalmente basada en la investigación con hablantes del inglés,

puede requerir modificación para describir la lectura en idiomas con características ortográficas y de deletreo menos complejas, y es sólo parcialmente relevante a los lenguajes no alfabéticos. Es probable que la ruta dirigida directa para acceso al significado sin sonido (sin palabras) sea menos crítica en lenguajes con ortografías superficiales, como el italiano, que en aquellos con ortografías profundas, como el inglés. La investigación del cerebro respalda la hipótesis de que las rutas involucradas difieren de acuerdo con la profundidad de la estructura ortográfica. El "área de forma visual de palabra" (VWFA temporal-occipital), implicada en la identificación del sentido de la palabra basada en propiedades no fonológicas en los hablantes de inglés, parece ser menos crítico para los hablantes en italiano (Paulesu *et al.*, 2001a). De hecho, los resultados preliminares sugieren que el cerebro de hablantes nativos del italiano usa una estrategia más eficiente al leer textos que la de los hablantes nativos del inglés. Notablemente, esta estrategia es empleada incluso cuando los hablantes nativos del italiano leen en inglés, lo cual sugiere que los circuitos neuronales que subyacen a la lectura en los hablantes nativos del italiano se desarrollan de manera diferente que aquellos que subyacen a la lectura en los hablantes nativos del inglés.

La reciente teoría psicolingüística "del tamaño de un grano" describe las diferencias en las estrategias de lectura como funciones de la complejidad ortográfica de un idioma.[5] Propone que hay un continuo de estrategias, desde la decodificación pura de los sonidos simples (fonemas), del tamaño de un grano pequeño, a la decodificación mixta de unidades involucradas de un tamaño mayor al de un grano, incluyendo los comienzos de las palabras, rimas, sílabas, hasta palabras completas, así como también fonemas. La teoría propone que la complejidad ortográfica de un idioma determina la estrategia de lectura que se desarrolla en el cerebro, de manera tal que mientras más superficial sea el idioma, menor es el tamaño del grano promedio –por ejemplo, sonidos de letras en vez de palabras completas– empleados para la decodificación. Esta teoría es relevante a los datos del comportamiento que indican que el retraso en la adquisición del lenguaje es aproximadamente proporcional al grado de complejidad ortográfica del idioma. Sugiere que ciertos métodos de

[5] Usha Goswami y Johannes Ziegler (2005), "Taller de Aprendizaje de Lectura", coorganizado por el CERI y la Universidad de Cambridge, 29-30 de septiembre 2005, Cambridge, Reino Unido.

instrucción son diferencialmente efectivos dependiendo de la estructura ortográfica del idioma, lo cual podría significar que:

El equilibrio más efectivo de la instrucción fonética y del "lenguaje global" habrá de variar a través de los diferentes idiomas.

La investigación sugiere que la forma de las palabras en un idioma también influye sobre la manera en que la habilidad lectora se desarrolla en el cerebro. Los estudios mediante las técnicas de imagenología revelan que los hablantes nativos de chino emplean áreas adicionales del cerebro para leer en comparación con los hablantes nativos del inglés, y que estas áreas se activan cuando los hablantes nativos de chino leen en inglés (Tan *et al.*, 2003). En específico, los hablantes nativos de chino comprometen los circunvoluciones frontal medio izquierdo y el parietal posterior, áreas del cerebro asociadas a menudo con el procesamiento de información espacial y la coordinación de los recursos cognitivos. Es probable que estas áreas actúen debido a la representación espacial de los caracteres del idioma chino (ideogramas) y su conexión con una representación fonológica a nivel de sílabas. Si bien mucho es compartido en los circuitos neuronales que respaldan la lectura a través de los idiomas alfabéticos y no alfabéticos, hay estructuras distintivas que pueden corresponder en grado de confiabilidad en cualquier idioma, ya sea en el procesamiento ensamblado o dirigido, descrito en la teoría de la ruta doble, mencionada anteriormente (Yiping, Shimin e Iversen, 2002). Junto con los resultados acerca de la complejidad ortográfica (profunda *versus* superficial) y la estrategia lectora, estos descubrimientos indican que ciertos aspectos de la alfabetización son creados de formas distintas en el cerebro, dependiendo de la experiencia con la forma impresa de un idioma particular.

Todo esto subraya la importancia de considerar la lectura desde una perspectiva del desarrollo. Los circuitos neuronales subyacentes a la lectura cambian en la medida que los niños aprenden a leer. Por ejemplo, Pugh[6] demostró un desplazamiento de la neuroanatomía funcional subyacente a los aspectos iniciales de la lectura a medida que el lector de inglés en desarrollo madura, desde múltiples sitios temporales, frontales

[6] Primer Encuentro Conjunto de las Redes de Alfabetización y Conocimientos Básicos de Matemáticas del CERI, 30-31 de enero 2003, Brockton, Massachusetts.

y del hemisferio derecho, hacia una respuesta más consolidada en la región occípito-temporal del hemisferio izquierdo.

Los análisis multivariados de los patrones cerebrales que examinaron la edad y la habilidad lectora revelaron que el predictor crucial era el nivel de habilidad lectora, lo cual sugiere que el desarrollo de la alfabetización es guiado por la experiencia más que por la simple maduración del cerebro. Como la habilidad lectora es creada en el cerebro mediante la progresión gradual del desarrollo, sería de máxima utilidad para la enseñanza y el aprendizaje involucrar evaluaciones en curso que apoyen el desarrollo de la lectura. A partir de esto, la implicación pedagógica es:

La lectura puede ser evaluada de manera más adecuada empleando evaluaciones formativas.

La evaluación formativa, que involucra usar evaluaciones durante el proceso, para identificar y responder a las necesidades del aprendizaje de los alumnos, es altamente efectiva en elevar los logros de los estudiantes, aumentar los resultados equitativos de los estudiantes y mejorar la habilidad para aprender de los estudiantes (OECD, 2005).

A medida que la investigación esboza de forma creciente las relaciones entre las experiencias específicas y sus consecuencias sobre el desarrollo de los circuitos para la lectura en el cerebro, su interés para la educación habrá de crecer. Por ejemplo, si se confirma que la experiencia temprana con impresos de un lenguaje con una ortografía superficial desarrolla estrategias de lectura más eficientes en el cerebro, podría ser útil explorar opciones de construcción de estos circuitos en los niños que hablan lenguajes con ortografías profundas. Por ejemplo, se les podría enseñar a leer con libros que contengan palabras seleccionadas de un grupo con combinaciones coherentes de letras-sonidos. Una alternativa más radical podría ser la reforma real de los lenguajes con ortografías "profundas" a fin de que las combinaciones de letras-sonidos sean más coherentes.[7]

[7] El hecho de que las iniciativas más recientes en términos de reformas ortográficas no pudieran tener un éxito amplio (alemán) o incluso ningún éxito (francés) no significa que sea imposible. El español y el turco han demostrado que es posible.

La dislexia del desarrollo

Aunque la experiencia juega un papel crucial en el desarrollo de la habilidad lectora en el cerebro, la biología también juega una parte importante. Hay que considerar cómo las diferencias basadas en la biología en las estructuras de los idiomas pueden afectar la lectura, dado que la habilidad lectora se construye "encima" de estas estructuras. Muchos niños con acceso a la instrucción adecuada de la lectura luchan por aprender a leer debido a características corticales biológicamente atípicas. Se dice que tienen dislexia del desarrollo. La dislexia del desarrollo es un deterioro neurobiológico del lenguaje definido como una dificultad en la lectura que no es el resultado de déficits intelectuales globales ni de un problema crónico de motivación.[8] Formalmente ha sido definida como:

[8] Un primer impulso ante el descubrimiento de que una dificultad del aprendizaje se debe a un "problema cerebral" es el de considerarlo más allá de todo remedio por medios puramente educacionales. Sin embargo, también se puede dar vuelta a esto y considerar que cuando gracias a las herramientas de la neurociencia cognitiva se entienda lo suficiente cómo se divide una destreza o habilidad en sus pasos de procesamiento de información y en sus módulos funcionales, se podrán diseñar programas remediales eficientes. Esto es precisamente lo que Bruce McCandliss e Isabelle Beck hicieron en el caso de la dislexia, construir sobre los componentes intactos de las habilidades de lectura de los niños disléxicos para producir un nuevo método de enseñanza de la pronunciación de las palabras. Y por supuesto, tal profundidad de conocimiento acerca de cómo se descompone una habilidad en procesos cognitivos separados también puede ayudar en el diseño de mejores métodos para la enseñanza de niños sin limitaciones. Empleando su "Método de Construcción de Palabras", McCandliss y Beck mostraron que los niños disléxicos son capaces de aprender a leer. Ayudar a los niños a generalizar a partir de su experiencia con la lectura les permite transferir lo que han aprendido acerca de las palabras específicas a palabras nuevas del vocabulario. Estas habilidades involucran la decodificación alfabética y la construcción de palabras, y permiten que los niños con dificultades lectoras pronuncien progresivamente un mayor número de palabras. Este método les enseña que con un pequeño número de letras se puede hacer un gran número de palabras. Ya que muchos niños en edad escolar tienen problemas con la lectura, atender a este problema permite que una sustancial porción de estos alumnos se comprometa en el intercambio lingüístico más fundamental y disminuya su potencial marginalización social. Otros (destacan los doctores Paula Tallal y Michael Merzenich), han informado descubrimientos similares mediante una técnica diferente. Aunque estos resultados son un tanto controversiales, su método parece ayudar a algunos niños por lo menos. Sin embargo, el punto clave no es si un método particular disponible opera mejor que otro. Más bien, notamos que existe la maquinaria teórica y metodológica para abordar el problema, y claramente está habiendo progreso. Muchos, como por ejemplo Emile Servan-Schreiber, predicen que el estudio y tratamiento de la dislexia será una de las "historias exitosas" de la neurociencia cognitiva en el futuro relativamente cercano.

Una incapacidad específica del lenguaje, neurobiológica en sus orígenes. Se caracteriza por dificultades con el reconocimiento fluido y/o preciso de las palabras y por habilidades débiles de deletreo y de codificación. Típicamente, sus dificultades resultan de un déficit en el componente fonológico del lenguaje, que a menudo es inesperado con relación a otras habilidades cognitivas y a la provisión efectiva de instrucción en el aula (Lyon, Shaywitz y Shaywitz, 2003, p. 2).

La dislexia es a la vez prevalente y difundida.[9] Es el subtipo más común de dificultad del aprendizaje y ocurre a todo lo ancho de las fronteras culturales, socioeconómicas y, hasta cierto punto, lingüísticas. Mientras que el déficit fonológico subyacente a la dislexia parece común a través de los lenguajes alfabéticos, el grado al cual se manifiesta, y por lo tanto su consecuencia sobre la lectura, puede variar en función de la estructura ortográfica del idioma (Paulesu *et al.*, 2001). Y debido a que la lectura en los lenguajes no alfabéticos pone exigencias sobre circuitos neuronales precisos en comparación con los lenguajes de lectura alfabética, la dislexia en los lenguajes no alfabéticos puede manifestarse de una manera cualitativamente diferente. Por lo tanto, puede ser que las inferencias de la investigación sobre la dislexia en los lenguajes alfabéticos no sean transferibles a los lenguajes no alfabéticos.

La dislexia es multifacética y tiene manifestaciones variables, pero estas variaciones no obstante se encuentran con frecuencia con características corticales atípicas localizadas en la región parieto- y occípito-temporal posterior izquierda, para aquellos hablantes nativos de lenguajes alfabéticos (Shaywitz y Shaywitz, 2005; Shaywitz *et al.*, 2001). La consecuencia funcional de las estructuras atípicas es la dificultad en el procesamiento de los elementos de sonido del lenguaje. Los niños con dislexia del desarrollo registran el sonido de forma imprecisa, con dificultades en la recuperación y manipulación de los fonemas (sonidos). Las consecuencias

[9] Es difícil evaluar la incidencia relativa de la dislexia en los países porque su definición (mayormente basada en factores económicos) varía de uno a otro. Según la recomendación de 2004 (2ª reunión de las redes de "Alfabetización" y "Habilidades Matemáticas Básicas" del CERI, El Escorial, España, 3-4 de marzo, 2004), y según lo confirmado por el trabajo de Kayoko Ishii en 2005, una definición científica de los trastornos del aprendizaje, como la dislexia o la discalculia, ayudaría a los investigadores (y gestores de políticas públicas) a crear definiciones acordadas internacionalmente, que entre otras cosas, podría dar lugar a comparaciones internacionales.

lingüísticas de estas dificultades son relativamente menores, y abarcan cosas como experimentar dificultades con la pronunciación, insensibilidad a la rima y confusión de palabras que suenan iguales. Sin embargo, las consecuencias de la dificultad para la *alfabetización* pueden ser mucho más significativas, ya que hacer corresponder [*mapping*] sonidos fonéticos a símbolos ortográficos es el punto crucial de la lectura en los lenguajes alfabéticos.

La reciente identificación de las características corticales atípicas específicas responsables de los déficits en el procesamiento de sonidos ha posibilitado el desarrollo de intervenciones dirigidas. Los estudios de intervención han revelado una sorprendente adaptabilidad y plasticidad en estos circuitos neuronales. El tratamiento dirigido les puede permitir a los individuos jóvenes desarrollar circuitos neuronales en los sistemas cerebrales del hemisferio izquierdo posterior, suficientes como para leer con precisión y fluidez (Shaywitz *et al.*, 2004). También es posible que el cerebro disléxico construya circuitos alternativos, compensatorios del hemisferio derecho, suficientes como para permitir una lectura precisa, aunque lenta (Shaywitz *et al.*, 2003).

Parece haber un período sensible para el desarrollo de la competencias fonéticas en los niños con las circunvoluciones parieto- y occípito-temporal izquierdo atípicos, ya que la intervención temprana es la más efectiva (Lyytinen *et al.*, 2005; Shaywitz, 2003; Torgesen, 1998). Estos resultados sugieren que:

Las intervenciones orientadas al desarrollo de destrezas o habilidades fonológicas a menudo son efectivas para ayudar a que los niños disléxicos puedan aprender a leer.[10]

La identificación temprana de la dislexia es importante ya que normalmente las intervenciones tempranas son más exitosas que las intervenciones posteriores.

[10] Sin embargo, no sistemáticamente. Los resultados más destacados a la fecha, en términos de un diagnóstico temprano y terapéutico (remedial) de la dislexia, son los de Heikki Lyytinen, en la Universidad de Jyvaskyla (Finlandia). Pero Lyytinen y su equipo trabajan en un idioma en extremo superficial. Aún permanece por ser medida la transferabilidad de estos resultados.

Más allá de las intervenciones específicas, la neurociencia puede alterar radicalmente la forma en que la dislexia es conceptualizada. Ahora que la base neurobiológica de la dislexia ha empezado a ser identificada y se ha confirmado que está abierta al cambio, los educadores pueden diseñar intervenciones dirigidas y eficaces de lectura y pueden empezar a transformar la dislexia de una discapacidad que coarta seriamente el aprendizaje a una ruta alternativa de desarrollo para lograr la misma meta final: el cerebro educado. Esta concepción de la dislexia podría tener muchas consecuencias positivas en el aula, incluyendo la preservación de la autoeficacia de los niños en la habilidad lectora, la cual se encuentra estrechamente vinculada al logro (Bandura, 1993).

La dislexia puede conceptualizarse más precisamente como una ruta alternativa de desarrollo que como una discapacidad insuperable del aprendizaje.

El valor de la neurociencia para ayudar a diseñar intervenciones dirigidas para los niños con déficits fonológicos, sugiere la necesidad de una mayor investigación orientada a enfrentar otros déficits resultantes de características corticales atípicas. La neurociencia le está permitiendo a los educadores diferenciar entre distintas causas de problemas del aprendizaje aun cuando los resultados parecen ser similares y, por lo tanto, se puede emplear en examinar manifestaciones neuronales confusas o alternativas de la dislexia, como aquella asociada con los déficits de velocidad para mencionar cosas. (Wolf, 2007). Ya que las intervenciones pueden diferir en eficacia, de acuerdo con la edad y la experiencia lectora, debería continuar la investigación para desarrollar una comprensión neurobiológica de las trayectorias del desarrollo de la dislexia. La investigación futura también debería investigar las diferencias en estas trayectorias a través de los idiomas, ya que, por ejemplo, la complejidad de la estructura ortográfica de un idioma, o la representación de letras o palabras, podría influir sobre la manifestación de la dislexia.[11]

Conclusiones

La investigación neurológica altera, en dos sentidos, las concepciones de la alfabetización. En primer lugar, promueve una comprensión

[11] Aunque la mayoría de las formas de la dislexia parecen ser basadas en fonética, parece que algunas formas podrían tener causas alternativas o confusas.

más precisa de ella. La neurociencia facilita la delineación de los diferentes procesos involucrados en la lectura, en términos de los circuitos neuronales subyacentes. Esta comprensión diferenciada puede dar información útil para el diseño de la instrucción eficaz. Por ejemplo, la importancia dual del procesamiento fonológico y semántico sugiere que la instrucción cuyos objetivos son ambos de estos procesos puede ser de máxima efectividad, al menos para los niños que hablan lenguajes alfabéticos con estructuras ortográficas profundas y que siguen rutas de desarrollo normativas al aprender a leer. La concepción diferenciada de la alfabetización permite que las diferentes causas de dificultades con la lectura sean identificadas con precisión en los subcomponentes neuronales de la alfabetización, aumentando de esa manera la probabilidad de que las intervenciones dirigidas sean eficaces.

Segundo, una importante contribución de la neurociencia, aún por hacer, es desarrollar un concepto más incluyente del desarrollo de la alfabetización. Los circuitos neuronales que sustentan la alfabetización consisten en redes plásticas que están abiertas al cambio y al desarrollo, y se construyen a lo largo de un período de tiempo. La creación de la alfabetización en el cerebro no se limita a una ruta única. Según se refleja en las investigaciones interlingüísticas y sobre la dislexia, hay muchas rutas de desarrollo posibles para lograr la meta final de un cerebro educado. Las restricciones ambientales o biológicas pueden presentar unas rutas particulares más efectivas que otras para ciertos niños. A medida que la neurociencia descubra las relaciones entre las intervenciones específicas y el desarrollo neurobiológico, los educadores serán capaces de diseñar metodologías para las diferentes rutas posibles de desarrollo. Así, la neurociencia podrá facilitar la instrucción diferenciada capaz de acomodar un vasto rango de diferencias individuales, aproximando a una sociedad educada que sea incluyente más que selectiva, con consecuencias potencialmente poderosas. El famoso caso llevado ante la Corte Suprema de Estados Unidos, *Brown vs. Junta de Educación* concluyó que "un cerebro es una cosa muy valiosa como para dejarlo perder", y la mayor inclusión habrá de proporcionar más materia prima para la evolución acumulativa de la cultura y, por último, para el progreso humano.

Bibliografía

Bandura, A. (1993), "Perceived Self-efficacy in Cognitive Development and Functioning", *Educational Psychologist*, vol. 28, pp. 117-148.

Bookheimer, S. (2002), "Functional MRI of Language: New Approaches to Understanding the Cortical Organization of Semantic Processing", *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 25, pp. 151-188.

Bookheimer, S.Y., T.A. Zeffiro, T. Blaxton, W.D. Gaillard, B. Malow y W.H. Theodore (1998), "Regional Cerebral Blood Flow during Auditory Responsive Naming: Evidence for Cross-Modality Neural Activation", *NeuroReport*, vol. 9, pp. 2409-2413.

Caplan, D. (2004), "Functional Neuroimaging Studies of Written Sentence Comprehension", *Scientific Studies of Reading*, vol. 8, núm. 3, pp. 225-240.

Chomsky, N.A. (1959), "Review of B. F. Skinner's Verbal Behavior", *Language*, vol. 38, núm. 1, pp. 26-59.

Fischer, K.W., M.H. Immordino-Yang y D. Waber (2007), "Toward a Grounded Synthesis of Mind, Brain, and Education for Reading Disorders: An Introduction to the Field and this Book", en K.W. Fischer, J.H. Bernstein y M.H. Immordino-Yang (eds.), *Mind, Brain, and Education in Learning Disorders*, Cambridge University Press, Massachusetts, pp. 1-20.

Fledge, J. y K. Fletcher (1992), "Talker and Listener Effects on Degree of Perceived Foreign Accent", *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 91, pp. 370-389.

Gopnik, A., A.N. Meltzoff y P.K. Kuhl (1999), *The Scientist in the Crib: What Early Learning Tells Us About the Mind*, HarperCollins Publishers Inc., Nueva York.

Hart, B. y T.R. Risley (2003), "The Early Catastrophe: The 30 Million Word Gap", *American Educator*, vol. 27, núm. 1, pp. 4-9.

Ishii, K. (2005), "Strategies for Reading and Writing Learning Difficulties (Dyslexia)", en *Science and Technology Trends, Quarterly Review* núm. 15, abril 2005 (original en japonés 2004).

Jobard, G., F. Crivello y N. Tzourio-Mazoyer (2003), "Evaluation of the Dual Route Theory of Reading: A Metanalysis of 35 Neuroimaging Studies", *NeuroImage*, vol. 20, pp. 693-712.

Lyon, G.R., S.E. Shaywitz y B.A. Shaywitz (2003), "A Definition of Dyslexia", *Ann Dyslexia*, vol. 53, pp. 1-14.

Lyytinen, H., T.K. Guttorm, T. Huttunen, J.H. Paavo, H.T. Leppänen y M. Vesterinen (2005), "Psychophysiology of Developmental Dyslexia: A Review of Findings Including Studies of Children at Risk for Dyslexia", *Journal of Neurolinguistics*, vol. 18, núm. 2, pp. 167-195.

McClelland, J.L., J.A. Fiez y B.D. McCandliss (2002), "Teaching the /r/ – /l/ Discrimination to Japanese Adults: Behavioral and Neural Aspects", *Physiology and Behavior*, vol. 77, pp. 657-662.

National Reading Panel (2000), *Teaching Children to Read: An Evidence-based Assessment of the Scientific Research Literature on Reading and its Implications for Reading Instruction*, National Institute of Child Health and Human Development, Washington DC.

Neville, H.J. y J.T. Bruer (2001), "Language Processing: How Experience Affects Brain Organization", en D.B. Bailey, Jr., J.T. Bruer, F.J. Symons y J.W. Lichtman (eds.), *Critical Thinking about Critical Periods*, Paul H. Brookes Publishing, Baltimore, pp. 151-172.

OECD (2005), *Formative Assessment: Improving Learning in Secondary Classrooms*, OCDE, París.

Paulesu, E., J. Démonet, F. Fazio, E. McCrory, V. Chanoine, N. Brunswick, S.F. Cappa, G. Cossu, M. Habib, C.D. Frith y U. Frith (2001), "Dyslexia: Cultural Diversity and Biological Unity", *Science*, vol. 291, núm. 5511, pp. 2165-2167.

Pinker, S. (1995), *The Language Instinct. How the Mind Creates Language*, Harper Collins, Nueva York.

Shaywitz, S.E. (2003), *Overcoming Dyslexia*, Random House Inc., Nueva York.

Shaywitz, S.E. y B.A. Shaywitz (2005), "Dyslexia", *Biological Psychiatry*, vol. 57, núm. 11, pp. 1301-1309.

Shaywitz, B.A., S.E. Shaywitz, B.A. Blachman, K.R. Pugh, R.K. Fulbright, P. Skudlarski, W.E. Mencl, R.T. Constable, J.M. Holahan, K.E. Marchione, J.M. Fletcher, G.R. Lyon y J.C. Gore (2004), "Development of Left Occipito-temporal Systems for Skilled Reading in Children after a Phonologically-based Intervention", *Biol. Psychiatry,* vol. 55, pp. 926-933.

Shaywitz, B.A., S.E. Shaywitz, K.R. Pugh, R.K. Fulbright, W.E. Mencl, R.T. Constable, P. Skudlarski, J.M. Fletcher, G. Reid y J.C. Gore (2001), "The Neurobiology of Dyslexia", *Clinical Neuroscience Research*, vol. 1, núm. 4, pp. 291-299.

Snow, G.E., M.S. Burns y P. Griffin (eds.) (1998), *Preventing Reading Difficulties in Young Children*, Committee on the Prevention of Reading Difficulties in Young Children, Washington DC.

Tan, L.H., J.A. Spinks, C.M. Feng, W.T. Siok, C.A. Perfetti, J. Xiong *et al.* (2003), "Neural Systems of Second Language Reading are Shaped by Native Language", *Human Brain Mapping*, vol. 18, pp. 158-166.

Thompson-Schill, S.L., G. Aguirre, M. D'Esposito y M.J. Farah (1999), "A Neural Basis for Category and Modality Specifics of Semantic Knowledge", *Neuropsychologia*, vol. 37, pp. 671-676.

Tomasello, M. (1999), *The Cultural Origins of Human Cognition*, Harvard University Press, Massachusetts.

Torgesen, J.K. (1998), "Catch them before they Fall: Identification and Assessment to Prevent Reading Failure in Young Children", *American Educator*, vol. 22, pp. 32-39.

Vygotsky, L.S. (1978), *Mind and Society: The Development of Higher Mental Processes*, Havard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Wolf, M. (2007), "A Triptych of the Reading Brain: Evolution, Development, Pathology and its Interventions", en K.W. Fischer, J.H. Bernstein y M.H. Immordino-Yang (eds.), *Mind, Brain, and Education in Learning Disorders*, Cambridge University Press, Massachusetts, pp. 1-20.

Yiping, C., F. Shimin y D. Iversen (2002), "Testing for Dual Brain Processing Routes in Reading: A Direct Contrast of Chinese Character and Pinyin Reading Using fMRI", *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 14, pp. 1088-1098.

CAPÍTULO 5
Los conocimientos básicos de matemáticas [*numeracy*] y el cerebro

… la ciencia del cálculo también
es indispensable hasta en lo que se refiere
a calcular las raíces cuadradas y las raíces al cubo.
El álgebra hasta las ecuaciones al cuadrado
y el uso de logaritmos, que a menudo son útiles
en casos ordinarios: pero todo lo que va más allá
no es sino un lujo; un lujo ciertamente delicioso
que no debe ser gozado sino por alguien
que tenga una profesión que ejercer para su subsistencia.
Thomas Jefferson

Este capítulo describe el complejo funcionamiento del cerebro cuando se desarrollan los conocimientos básicos de matemáticas, incluyendo la comprensión del concepto de los números, las operaciones aritméticas simples y las exploraciones iniciales del álgebra. Esto se emplea para deducir implicaciones para la instrucción matemática. También describe las barreras para el aprendizaje de las matemáticas que tienen una base neurológica (llamada discalculia, el equivalente a la dislexia para las matemáticas). Este capítulo es relevante para los padres, profesores y gestores de políticas que están interesados en comprender y mejorar la educación en los conocimientos básicos de matemáticas y de la matemática.

La neurociencia puede dar respuestas a preguntas relevantes para la educación matemática. Por ejemplo, puede dirigirse a la cuestión de si aprender matemáticas de alto nivel impacta el cerebro de manera tal que valide enseñar matemáticas no pragmáticas a la mayoría de la población. Hoy día no hay evidencia sólida ni a favor ni en contra de la enseñanza de matemáticas avanzadas, como el cálculo o la trigonometría, para todos los estudiantes. A pesar de esto, incluir matemáticas de alto nivel en el currículo estándar es la norma en los países del OCDE y más allá. Dada la masiva cantidad de conocimiento disponible en la sociedad moderna, y las estrechas restricciones impuestas sobre el currículo por las limitaciones de tiempo en las escuelas, la pregunta acerca de si las matemáticas avanzadas deberían consumir tanto del currículo estándar es una

pregunta importante.[1] Las investigaciones posteriores de la neurociencia pueden ayudar a contestarla.

En la actualidad, la mayoría de las investigaciones de la neurociencia se enfocan en las matemáticas básicas. Este trabajo brinda implicaciones importantes para la instrucción matemática. En contraste con las matemáticas avanzadas, las matemáticas básicas son sin duda vitales para todos los estudiantes, porque el conocimiento de las matemáticas básicas es necesario para funcionar en las sociedades modernas, ya que apoyan actividades como saber la hora, cocinar o administrar el dinero.

Creando los conocimientos básicos de matemáticas

Tal como la alfabetización, los conocimientos básicos de matemáticas se crean en el cerebro mediante la sinergia de la biología y la experiencia. Al igual que existen estructuras cerebrales diseñadas para el lenguaje, hay estructuras análogas para el sentido cuantitativo. Sin embargo, como en el caso de la alfabetización, las estructuras genéticamente destinadas no pueden por sí solas dar apoyo a las matemáticas. Las actividades de estas estructuras están coordinadas con aquellas de los circuitos neuronales suplementarios que no estaban destinados en específico para los conocimientos básicos de matemáticas, pero que han sido moldeados para calzar con esta función mediante la experiencia. Las estructuras neuronales que no están genéticamente especificadas para los conocimientos básicos de matemáticas gradualmente se van acomodando para las funciones numéricas, un proceso que Dehaene (1997) denomina "reciclamiento neuronal". Aunque la experiencia juega un rol vital en la formación de estas redes suplementarias, también hay restricciones biológicas. Las redes no pueden ser extraídas de cualquier área del cerebro: ciertas estructuras neuronales pueden ser reunidas para las matemáticas porque son suficientemente plásticas y tienen propiedades que son conducentes para el procesamiento de números. Por lo tanto, las matemáticas involucran el funcionamiento cooperativo de un conjunto de redes neuronales que incluye las estructuras cuantitativas genéticamente

[1] Es importante notar que la pregunta propuesta no es si las matemáticas de nivel elevado deberían ser de hecho enseñadas, sino si deberían ser enseñadas a todos los estudiantes o solamente a una minoría de estudiantes que se especialicen en las matemáticas o en disciplinas adyacentes.

específicas y las estructuras biológicamente compatibles, dependientes de la experiencia.

Debido a que los circuitos neuronales que sustentan las matemáticas son moldeados por los factores ambientales y biológicos, la neurociencia puede prestar información a la construcción de la didáctica matemática en al menos dos formas relevantes: en primer lugar, una comprensión de los factores biológicos puede contribuir al diseño de instrucción matemática coherente con los factores y las predisposiciones biológicas. Segundo, los investigadores pueden rastrear los efectos neurobiológicos de varias formas de instrucción y delinear las rutas subyacentes del aprendizaje al conocimiento matemático. Una vez que esas rutas hayan sido trazadas, los educadores pueden mejorar estratégicamente la instrucción y desarrollar rutas alternativas que acomoden las diferencias individuales. De esta manera, la neurociencia puede permitir el diseño de una instrucción matemática más eficaz e inclusiva.

Los bebés calculan

Con sus cachetes rellenos y cabezas cimbreantes, el bebé parece ser una pizarra dócil y en blanco. De hecho, por mucho tiempo se pensó que los bebés nacían sin ninguna habilidad cuantitativa y que descubrían el mundo mediante una exploración sensorial a tientas. Muchas teorías del desarrollo influyentes subestiman la comprensión numérica de los niños pequeños, incluyendo la teoría de desarrollo cognitivo de Piaget (1952).

La investigación reciente ha revelado que el cerebro del bebé está equipado con un sentido cuantitativo (Ferigenson, Dehaene y Spelke, 2004; Wynn, 1998). Los bebés poseen dos sistemas centrales de números que les permiten cuantificar (Xu, 2003). Un sistema apoya el concepto de "uno", "dos" y "tres". Los bebés son capaces de discriminar con precisión estas cantidades entre sí y de cantidades mayores. Aún más, puede que tengan un concepto abstraído de estas cantidades numéricas, que es insensible a la modalidad, ya que parecen conectar la "dualidad" común a dos sonidos y a dos objetos (Starkey, Spelke y Gelman, 1990). El otro sistema central de números es aproximado. Les permite a los bebés discriminar entre números mayores con tasas suficientemente elevadas. Por lo tanto, los bebés pueden distinguir, por ejemplo, entre ocho y 16, pero no así entre ocho y nueve.

Hay evidencias de que los bebés pueden realizar operaciones matemáticas con estos números. Cuando se coloca un objeto detrás de una pantalla, seguido de un segundo objeto, esperan ver los dos objetos cuando la pantalla se retira, sugiriendo que ellos saben que uno más uno es igual a dos (Wynn, 1992). También pueden realizar cálculos aproximados, tales como computar que cinco más cinco es igual a cerca de diez (McCrink y Wynn, 2004).

Opuesto a la ingenua concepción del bebé como una titubeante pizarra en blanco, esta investigación sugiere que los bebés están involucrados en una organización del mundo cuantitativa e intencionada. Al parecer, están dotados por evolución de un sentido numérico que es usado como una herramienta perceptual para interpretar el mundo numéricamente. Esto es, los bebés nacen con una propensión intuitiva a usar números para comprender el mundo y construyen sobre esta comprensión a lo largo de toda la infancia temprana.

Así, los niños pequeños tienen una base sustancial de comprensiones numéricas antes de la educación formal. Mucha de la pedagogía matemática actual se basa en teorías obsoletas que subestiman las capacidades de los niños pequeños. La instrucción que ignora la base de comprensiones numéricas de los niños pequeños pasa por alto una rica fuente de andamiaje. Esta base de conocimiento temprano puede ser empleada para facilitar la comprensión de conceptos matemáticos formales. Además, el hacer corresponder [*mapping*] la matemática simbólica con las comprensiones del mundo real ayuda a forjar vínculos entre el conocimiento conceptual y procedimental, lo cual es crítico para el éxito en matemáticas (Siegler, 2003). Esta investigación sugiere sólidamente que la instrucción matemática debería construirse sobre las comprensiones numéricas informales e intuitivas de los niños.

Los conocimientos básicos de matemáticas en el cerebro

La investigación está empezando a dilucidar los circuitos neuronales que apoyan los conocimientos básicos de matemáticas. Lo más probable es que el sentido cuantitativo de los bebés, dotados genéticamente, resida en el lóbulo parietal. Las matemáticas se construyen "encima" de estructuras cuantitativas genéticamente especificadas, de una manera similar a como se construye la alfabetización al emplear estructuras del lenguaje.

Aunque las habilidades matemáticas se tornan mucho más sofisticadas con la educación, el mecanismo de procesamiento de números básico subyacente se mantiene, ya que hay similitudes fundamentales en la cognición numérica a lo largo del ciclo vital. Por ejemplo, los bebés, los niños y los adultos, todos evidencian una idéntica firma discriminadora de números dependiente de la tasa [*identical ratio-dependent number discrimination signature*] (Cantlon *et al.*, 2006). Además, un estudio reciente del IRMf reveló que el surco intraparietal es el sustrato neuronal o la superficie del procesamiento numérico no simbólico en adultos y niños que aún no han comenzado su educación formal (Cantlon *et al.*, 2006). Por lo tanto, aunque las prácticas numéricas simbólicas, lingüísticas y culturales que llegan con la educación formal alteran la red de regiones del cerebro involucradas en los conocimientos básicos de matemáticas, el surco intraparietal permanece el núcleo de las redes matemáticas maduras.

La corteza parietal, de hecho, juega un rol fundamental en una variedad de operaciones matemáticas (Dehaene, 1997). El daño a esta área tiene efectos devastadores sobre las habilidades matemáticas. Por ejemplo, los pacientes con daño parietal no pueden contestar una pregunta tan simple como qué número cae entre el 3 y el 5. Sin embargo, no tienen ninguna dificultad en resolver tareas seriales análogas en otros dominios, tales como identificar qué mes cae entre junio y agosto, o qué nota musical se encuentra entre el do y el mi.[2] Además, son capaces de resolver problemas concretos que no pueden resolver de manera abstracta. Por ejemplo, saben que hay dos horas entre las 9 a.m. y las 11 a.m., pero son incapaces de restar 9 de 11 en una notación simbólica.

Este patrón de resultados ejemplifica dos principios acerca de las matemáticas en el cerebro. En primer lugar, la matemática es disociable de otros dominios cognitivos. Segundo, las habilidades dentro del dominio de las matemáticas se pueden disociar unas de otras. El primero de estos principios apoya la noción de una multiplicidad de inteligencias parcialmente distintas. Al menos sugiere que los déficits o talentos en dominios particulares no necesariamente implican déficits o talentos en otros dominios. Por ejemplo, un niño puede tener problemas con la lectura pero poseer excelentes habilidades matemáticas. Por lo tanto,

[2] El do y el mi corresponden a la C y a la E respectivamente.

es importante que los profesores proporcionen rutas flexibles para el conocimiento matemático, que incluyan medios y métodos de representación y evaluación múltiples. Sin esa flexibilidad las dificultades en otros dominios pueden interferir innecesariamente con el aprendizaje matemático. Consideren, por ejemplo, a niños disléxicos que aprenden matemáticas. Estos niños tendrían dificultades en llegar al conocimiento matemático desde libros impresos y deberían esforzarse por demostrar su comprensión en los exámenes de lápiz y papel. Estos tipos de problemas evitables impiden el aprendizaje y enmascaran las habilidades matemáticas. Si a los estudiantes se les da la opción de medios alternativos de representación y evaluación, como un texto electrónico con un *software* de texto hablado, los niños con dislexia no se atrasarían en matemáticas mientras su habilidad lectora está en desarrollo. Este ejemplo ilustra la importancia de proporcionar rutas flexibles para el conocimiento matemático, lo cual, de manera más amplia, involucra que:

Los profesores de matemática deberían suministrar medios múltiples de representación y evaluación.

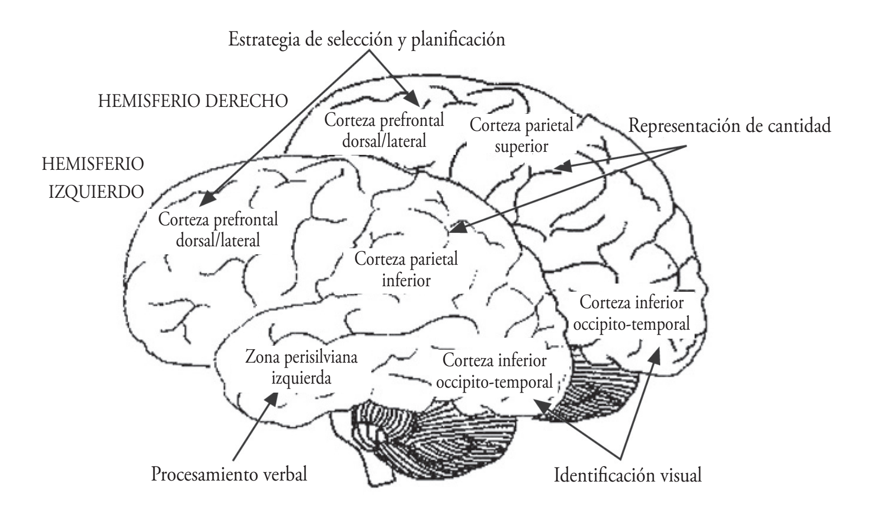
Aún más, las habilidades dentro del dominio de las matemáticas pueden disociarse unas de otras: los profesores no pueden suponer que las dificultades o los talentos en un área de las matemáticas sean indicativas de una habilidad matemática global. La habilidad en una destreza matemática no es necesariamente predictiva de habilidad en otra, lo cual genera dudas acerca de la validez de los criterios empleados al clasificar a los niños en grupos por sus habilidades. Ya que el secuenciamiento de los currículos no está informado por el conocimiento acerca de cuáles habilidades están diferenciadas en el cerebro, un niño puede ser capaz de sobresalir en una destreza clasificada como avanzada, y sin embargo debe esforzarse con una destreza de prerrequisito. Como resultado, este niño podría ser clasificado de manera errónea en un grupo de bajas habilidades, y así encubrirse su potencial. La investigación neurocientífica futura puede llevar a la construcción de un mapa diferenciado de las matemáticas en el cerebro. Sin embargo, hasta que esto se logre:

La validez de los criterios empleados para clasificar a los estudiantes a partir de las matemáticas es cuestionable.

Debido a que las habilidades matemáticas están distribuidas en diferentes partes del cerebro, las operaciones numéricas muy simples requieren de la coordinación de múltiples partes del cerebro. La mera representación de números involucra un circuito complejo. El modelo de código triple describe tres niveles de procesamiento de números: magnitud, visual y verbal (Dehaene y Cohen, 1995). La representación de magnitud o significado cuantitativo abstracto, como la "tresidad" ("*threeness*"), depende del circuito parietal inferior. La representación visual involucra la corteza occípito temporal inferior. Una representación numérica como"3", por ejemplo, puede reunir estas áreas de manera bilateral, mientras que la representación lingüística "tres" sólo depende de esta área en el hemisferio izquierdo. La representación verbal demanda o involucra áreas perisilvianas en el hemisferio izquierdo. Por lo tanto, la simple representación de número involucra muchas áreas diferentes del cerebro, incluyendo la corteza parietal inferior, que es fundamental para los conocimientos básicos de matemáticas.

El cálculo también demanda una red distribuida (Dehaene, 1997). La resta depende críticamente del circuito parietal inferior, mientras que la suma y la multiplicación involucran aún otras redes, incluyendo un rizo subcortical córtico que involucra a los ganglios basales del hemisferio izquierdo. La investigación sobre las matemáticas avanzadas es actualmente escasa, pero, al parecer, las operaciones de orden superior involucran circuitos al menos parcialmente diferentes. Los resultados sugieren que los circuitos neuronales que mantienen el conocimiento algebraico son en gran medida independientes de aquellos relacionados con el cálculo mental (Hittmair-Delazer, Sailer y Benke, 1995). Además, hay redes neuronales adicionales involucradas en la armonización de las matemáticas, incluyendo la corteza prefrontal y la corteza cingulada anterior. La Figura 5.1. proporciona un diagrama de las áreas cerebrales que se sabe están vinculadas con el procesamiento numérico.

Figura 5.1. Las áreas cerebrales



Aunque los circuitos neuronales subyacentes a las matemáticas recién se están descubriendo, ya está claro que las matemáticas involucran una red ampliamente dispersa de estructuras mentales. Incluso un acto tan simple como multiplicar dos dígitos requiere de la colaboración de millones de neuronas distribuidas en muchas áreas del cerebro. Dado que el conocimiento numérico depende de circuitos cerebrales tan ampliamente distribuidos, los estudiantes necesitan aprender a coordinar las actividades de las distintas regiones que subyacen a varias operaciones y conceptos, lo cual sugiere que:

Un rol de la educación matemática es el de llevar coherencia y fluidez al conocimiento numérico.

Esto es especialmente apropiado para la educación, ya que las matemáticas constituyen una propiedad emergente de redes diferentes distribuidas y parcialmente disociables que se coordinan mediante la experiencia.

Número y espacio

El circuito parietal crítico para los conocimientos matemáticos también está involucrado en la representación del espacio, y estas dos funciones se encuentran entrelazadas (Dehaene, 1997). Por ejemplo, muchos pacientes con acalculia también experimentan dificultades espaciales,

tales como distinguir izquierda y derecha (Mayer *et al.*, 1999). Más generalmente, los niños pequeños conceptualizan los números como espacialmente orientados antes de ser introducidos formalmente a la línea numérica. De hecho, es bien probable que haya una predisposición biológica a asociar número con espacio. Por lo tanto, los métodos de instrucción basados en las metáforas de número y espacio son representaciones formales de conceptos intuitivos y proporcionan modelos concretos de conceptos abstractos. Por lo tanto, las herramientas de enseñanza, como la línea numérica y los manipulantes espaciales concretos (es decir, cubos, barras, juegos de tablero, herramientas de medición, etc.) pueden reforzar y solidificar las comprensiones matemáticas intuitivas de los niños. El sólido lazo entre número y espacio en el cerebro sugiere que:

Los métodos de instrucción que vinculan número y espacio son poderosas herramientas de enseñanza.

La investigación educacional confirma el valor de tales técnicas. Un programa de intervención conducido por Griffin, Case y Siegler (1994) con un foco central sobre la asociación entre número y espacio, mostró un éxito claro. El programa utilizó la línea numérica, así como también una variedad de manipulantes espaciales concretos que vinculan el número y el espacio. Los resultados fueron sorprendentes: cuarenta sesiones de 20 minutos impulsaban a los niños que iban retrasados en comparación con sus compañeros a ser los primeros de su clase.

El rol de la instrucción

Según lo demostrado por Griffin, Case y Siegler (1994) en su programa de intervención, la instrucción puede tener efectos poderosos sobre el logro matemático. Es probable que estos incrementos en los logros reflejen cambios neuronales subyacentes, ya que las investigaciones recientes indican que el aprendizaje de nuevo conocimiento matemático puede alterar de forma dramática los patrones de actividad del cerebro (Delazer *et al.*, 2003, 2004). Los cambios que ocurren parecen ser una función del contenido y del método de instrucción.

El aprendizaje de diferentes operaciones matemáticas conduce a cambios precisos en la activación. Ischebeck *et al.* (2006) investigaron cambios en

la activación, producto del entrenamiento ya sea con la multiplicación o con la resta. En ambos casos éste condujo a disminuciones en la activación de las áreas frontales inferiores, indicando una reducción de las propiedades de propósito general, como la memoria operativa y el control ejecutivo. Sin embargo, en la multiplicación –pero no así en la resta– el entrenamiento también condujo a un cambio en la activación desde los surcos intraparietales a la circunvolución angular izquierda, lo cual sugiere que el procesamiento basado en la cantidad fue reemplazado por una recuperación más automática. Por lo tanto, el entrenamiento en la resta condujo a un aumento en la velocidad y eficiencia, mientras que el entrenamiento en la multiplicación resultó en estrategias originales. Ya que el protocolo de entrenamiento fue el mismo en ambos casos, estos resultados indican que los efectos neurobiológicos del aprendizaje de matemáticas dependen parcialmente del contenido.

Los efectos neurobiológicos de aprender matemáticas también son mediados por el método de instrucción. Delazer *et al.* (2005) encontraron que el aprendizaje por repetición, que involucra aprender de memoria para asociar un resultado específico con dos operandos, estaba codificado en un sustrato neuronal diferente que el aprendizaje por estrategia, el cual consistía en aplicar una secuencia de operaciones aritméticas. La recuperación luego del aprendizaje por repetición activaba con más fuerza las regiones medial parietales, que se extienden hasta la circunvolución angular izquierda, mientras que la recuperación luego del aprendizaje por estrategia se asoció con la activación del *precuneus*. Este resultado demuestra que distintos métodos de instrucción pueden crear diferentes rutas neuronales subyacentes para el mismo conocimiento matemático. Por ejemplo, dos niños pueden contestar que 10 más 10 es igual a 20, pero si uno de ellos ha memorizado este hecho mientras que el otro está aplicando la estrategia de suma de dígitos dobles, los niños están involucrando circuitos neuronales diferentes.

Estos resultados tienen importantes implicaciones para la evaluación estudiantil. Debido a que el proceso mediante el cual el conocimiento es codificado influye sobre su sustrato neuronal o sus circuitos neuronales, las mediciones dicotómicas de evaluación correcto/incorrecto son inadecuadas en la evaluación de la comprensión, ya que no pueden diferenciar, por ejemplo, el conocimiento que ha sido codificado como

un hecho y el conocimiento codificado a través de la estrategia. Son necesarias mediciones de evaluación más sensibles para evaluar el conocimiento subyacente. Stevenson y Stigler (1992) han identificado un enfoque a la evaluación matemática que considera con más eficacia los procesos subyacentes. Este enfoque, que es empleado comúnmente por los profesores de matemáticas asiáticos, involucra evaluaciones periódicas que describen el proceso de aprendizaje con riqueza de detalles. Con este enfoque a la evaluación, el énfasis está en la delineación de rutas de aprendizaje más que en la identificación de respuestas correctas o incorrectas. De hecho, los errores se usan como oportunidades para identificar las brechas en el aprendizaje y para desarrollar la comprensión. Este tipo de práctica evaluativa distingue entre el conocimiento que ha sido codificado como un hecho y el conocimiento codificado mediante la estrategia, lo cual sugiere que:

Las evaluaciones enfocadas en el proceso pueden proporcionar representaciones más precisas del conocimiento que las mediciones dicotómicas de respuestas correctas/incorrectas.

Además, Delazer *et al.* (2005) encontraron que el aprendizaje estratégico resultaba en una mayor precisión y transferencia que la condición de repetición. Estos resultados sugieren que la ruta neuronal subyacente al aprendizaje por repetición es menos efectiva que la ruta neuronal subyacente al aprendizaje estratégico. Mientras que se necesita mayor investigación para probar esta conclusión a través de varios tipos de problemas, los resultados sugieren que:

La enseñanza mediante la estrategia conduce a una codificación más sólida de la codificación matemática que la enseñanza por repetición.

Estos descubrimientos indican que los diferentes métodos de instrucción pueden conducir a la creación de rutas neuronales que varían en efectividad, lo cual subraya el papel crucial de la instrucción. Se requiere de investigación futura para documentar el impacto neurobiológico de varios tipos de instrucción. Será necesario evaluar los efectos de diferentes técnicas de instrucción sobre subpoblaciones, ya que a menudo las diferencias individuales juegan un papel clave de mediación.

El género y las matemáticas

El género es una fuente de diferencias individuales en las matemáticas que se muestra con consistencia en el desempeño de tareas espaciales particulares. Por ejemplo, los hombres tienden a desempeñarse de mejor forma que las mujeres en las pruebas de habilidad de rotación mental. Es posible que esto sea un efecto condicionado biológicamente, ya que la diferencia es amplia (d = 0,6 a 1,0), aparece tan tempranamente como la prueba sea efectuada y no disminuye a lo largo del tiempo histórico (Newcombe, Mathason y Terlecki, 2002). Sin embargo, indicar que el desempeño es una función de factores biológicos no elimina que los factores experienciales cumplen también un papel causal. De hecho, el entrenamiento puede brindar mejoras significativas en la habilidad de la rotación mental en hombres y mujeres, con la posible eliminación eventual de diferencias según el sexo (Newcombe, Mathason y Terlecki, 2002). Todas las diferencias documentadas de género en tareas espaciales parecen ser responsivas al entrenamiento (Newcombe, Mathason y Terlecki, 2002). Por lo tanto, sería útil cambiar el foco desde el intento de establecer un rango que ordena las habilidades en su asociación con género, a uno que identifique las rutas de instrucción que permitan que todos los estudiantes logren habilidades espaciales.

Es un error común decir que los hombres superan a las mujeres en las mediciones de habilidades matemáticas globales. De hecho, los resultados son dependientes del contexto: mientras que, en promedio, los hombres tienen puntajes más elevados en las evaluaciones matemáticas estandarizadas, las mujeres tienden a superar a los hombres en los exámenes escolares de matemática (De Lisi y McGillicuddy-De Lisi, 2002). Este patrón de resultados probablemente se deba a diferencias de patrones en el empleo de estrategia.

Las mujeres tienden a adherirse a los métodos algorítmicos, mientras que los hombres son más propensos a aventurarse fuera de los algoritmos enseñados por los profesores y a experimentar con enfoques novedosos (De Lisi y McGillicuddy-De Lisi, 2002). Por lo tanto, los hombres sobresalen en las pruebas estandarizadas, que contienen una porción significativa de preguntas que requieren de soluciones no algorítmicas, mientras que las mujeres se destacan en las prueba del aula, que a menudo dependen de métodos algorítmicos enseñados. Estas

diferencias de estrategias de género subrayan la importancia de desarrollar rutas múltiples para el conocimiento matemático que se acomoden a las diferencias individuales.

Las barreras para el aprendizaje de las matemáticas

Aun con suficiente instrucción, algunos niños tienen dificultades con las matemáticas debido a la discalculia, el equivalente matemático de la dislexia. Lo más probable es que la discalculia sea causada por una deficiencia del sentido de número –las comprensiones tempranas de las cantidades numéricas y sus relaciones (Landerl, Bevan y Butterworth, 2004)–. Los científicos apenas están iniciando la investigación del sustento neuronal de la discalculia. Los estudios recientes de la neuroimagenología han revelado características anatómicas y funcionales específicas en el surco intraparietal de ciertos grupos de niños con discalculia. Por ejemplo, Isaacs *et al.* (2001) compararon la densidad de la materia gris entre dos grupos de adolescentes que nacieron prematuros en un grado semejante, pero que diferían en la presencia o ausencia de discalculia. A nivel del cerebro completo, aquellos con discalculia mostraron una cantidad reducida de materia gris en la región intraparietal izquierda, precisamente donde se observa habitualmente la activación cuando se está trabajando con matemáticas. No obstante, se necesita mayor investigación para aclarar los respaldos neuronales de la discalculia; el descubrimiento de características anatómicas asociadas a la dificultad matemática selectiva, apoya la noción de que las matemáticas no emergen sólo de un proceso de construcción cultural: requiere del funcionamiento completo y la integridad de estructuras cerebrales específicas que suministran una base conceptual para el aprendizaje.

Hay gran probabilidad de que los circuitos neuronales deficientes subyacentes a la discalculia puedan ser abordados y rectificados mediante la intervención dirigida, ya que en apariencia los circuitos matemáticos son plásticos. El aprendizaje de nuevos hechos o estrategias numéricas nuevas permite alterar la actividad cerebral (Delazer *et al.*, 2003; Delazer *et al.*, 2004); los pacientes con lesiones cerebrales y déficits matemáticos pueden ser rehabilitados; muchos pacientes han recuperado la competencia matemática como resultado de un entrenamiento intensivo enfocado sobre el área de su déficit (Girelli *et al.*, 1996). Estos resultados sugieren que los individuos con discalculia podrían ser tratados

y rehabilitados. Se necesita mayor investigación para identificar los sustentos neuronales de la discalculia a fin de diseñar intervenciones dirigidas efectivas, análogas a aquellas ya desarrolladas para la dislexia.

La emoción también se ve involucrada en dificultades con las matemáticas. El temor asociado con las matemáticas es una experiencia relativamente común, una condición denominada "ansiedad matemática" (Ashcraft, 2002). Este estado emocional puede interrumpir las estrategias cognitivas y la memoria operativa (Ashcraft y Kirk, 2001). Es un tema de la educación matemática que amerita mayor investigación para identificar soluciones apropiadas.[3]

Conclusiones

Aunque la neurociencia de las matemáticas recién se encuentra en su infancia, el campo tuvo grandes avances durante la década pasada. Los científicos han empezado a revelar patrones biológicos relevantes, como la asociación entre número y espacio, y a vincularlos con el campo genético, que está en una rápida expansión. Los investigadores apenas inician la exploración de los efectos de la instrucción matemática sobre el cerebro, lo cual demanda una perspectiva dinámica del desarrollo con el fin de que puedan ser diagramadas las múltiples rutas subyacentes. Tal como con la alfabetización, la comprensión de las rutas del desarrollo subyacentes de las matemáticas, desde una perspectiva biológica, permitirá el diseño de modelos de instrucción diferenciados apropiados a la amplia diversidad de aprendices.

En la actualidad, la mayoría de la investigación de la neurociencia se enfoca a las matemáticas básicas, lo cual provee de implicaciones importantes la instrucción matemática. En contraste con las matemáticas avanzadas, las básicas son incuestionablemente vitales para todos los estudiantes; son necesarias para funcionar en la sociedad moderna, ya que apoyan prácticas tales como saber leer la hora, cocinar o administrar dinero.

[3] Según lo indicado por Butterworth, la discalculia puede tener un efecto dominó, además de todo esto. Los profesores, otros alumnos, los padres y aún el individuo mismo con discalculia, pueden etiquetar al niño como "estúpido" simplemente debido a las dificultades en las matemáticas. Tal etiqueta tendrá como resultado un desempeño académico más bajo en todos los ramos debido a su devastador efecto sobre la autoestima.

En la medida que se comprendan mejor los efectos de las matemáticas sobre el cerebro, los estudios responderán a la pregunta clave acerca de cuánta matemática debe enseñarse a los alumnos. Si, por ejemplo, se encuentra que el aprendizaje de matemáticas avanzadas moldea el cerebro en apoyo de modos útiles de pensamiento, esto justificaría incluir matemáticas avanzadas en el currículo. Si, por otro lado, los impactos del aprendizaje de matemáticas avanzadas se restringen a la adquisición de destrezas o habilidades matemáticas de nivel elevado, sería útil considerar si este nivel de matemáticas sólo se le debe enseñar a estudiantes para quienes tendrá utilidad en el progreso de sus estudios matemáticos. De esta forma, la investigación de la neurociencia puede suministrar perspectivas valiosas acerca de cómo se deberían enseñar las matemáticas en la escuela primaria, y moldear de forma importante el currículo y la instrucción matemática para la escuela secundaria.

Bibliografía

Ashcraft, M.H. (2002), "Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences", *Current Directions in Psychological Science*, vol. 11, pp. 181-185.

Ashcraft, M.H. y E.P. Kirk (2001), "The Relationships among Working Memory, Math Anxiety, and Performance", *J. Exp Psychol Gen*, vol. 11, pp. 224-237.

Cantlon, J., E. Brannon, E. Carter y K. Pelphrey (2006), "Functional Imaging of Numerical Processing in Adults and 4-y-old Children", *PLoS Biology*, vol. 4, núm. 5, pp. 844-845.

Dehaene, S. (1997), *The Number Sense*, Oxford University Press, Nueva York.

Dehaene, S. y L. Cohen (1995), *Mathematical Cognition*, vol. 1, pp. 83-120.

Delazer, M., F. Domahs, L. Bartha, C. Brennis, A. Lochy y T. Trieb *et al.* (2003), "Learning Complex Arithmetic – An FMRI Study", *Brain Res Cogn,* vol. 18, núm. 1, pp. 76-88.

Delazer, M., F. Domahs, L. Bartha, C. Brennis, A. Lochy y T. Trieb *et al.* (2004), "The Acquisition of Arithmetric Knowledge – An FMRI Study", *Cortex*, vol. 40, núm. 1, pp. 166-167.

Delazer, M., A. Ischebeck, F. Domahs, L. Zamarian, F. Koppelstaetter, C.M. Siedentopf, L. Kaufmann, T. Benke y S. Felber (2005), "Learning by Strategies and Learning by Drill – Evidence from an fMRI Study", *Neuroimage*, vol. 25, pp. 838-849.

De Lisi, R. y A. McGillicuddy-De Lisi (2002), "Sex Differences in Mathematical Abilities and Achievement", en A. McGillicuddy-De Lisi y R. De Lisi (eds.), *Biology, Society, and Behavior: The Development of Sex Differences in Cognition*, Alex Publishing, Londres, pp. 155-181.

Ferigenson, L., S. Dehaene y E. Spelke (2004), "Core Systems of Number", *Trends in Cognitive Neuroscience*, vol. 8, núm. 7, pp. 1-8.

Girelli, L., M. Delazer, C. Semenza y G. Denes (1996), "The Representation of Arithmetical Facts: Evidence from Two Rehabilitation Studies", *Cortex*, vol. 32, núm. 1, pp. 49-66.

Griffin, S.A., R. Case y R.S. Siegler (1994), "Rightstart: Providing the Central Conceptual Prerequisites for First Formal Learning of Arithmetic to Students at Risk for School Failure", en K. McGilly (ed.), *Classroom Lessons: Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice*, MIT Press, Cambridge.

Hittmair-Delazer, M., U. Sailer y T. Benke (1995), "Impaired Arithmetic Facts but Intact Conceptual Knowledge – A Single Case Study of Dyscalculia", *Cortex*, vol. 31, pp. 139-147.

Isaacs, E.B., C.J. Edmonds, A. Lucas y D.G. Gadian (2001), "Calculation Difficulties in Children of Very Low Birthweight: A Neural Correlate", *Brain*, vol. 124, pp. 1701-1707.

Ischebeck, A., L. Zamarian, C. Siedentopf, F. Koppelsätter, T. Benke, S. Felber y M. Delzer (2006), "How Specifically do we Learn? Imaging the Learning of Multiplication and Subtraction", *NeuroImage*, vol. 30, pp. 1365-1375.

Landerl, K., A. Bevan y B. Butterworth (2004), "Developmental Dyscalculia and Basic Numerical Capacities: A Study of 8-9-Year-Old Students", *Cognition*, vol. 93, núm. 2, pp. 99-125.

Mayer, E., M. Martory, A. Pegna, T. Landis, J. Delavelle y J. Annoni (1999), "A Pure Case of Gestmann Syndrome with a Subangular Lesion", *Brain*, vol. 122, pp. 1170-1120.

McCrink, K. y K. Wynn (2004), "Large-number Addition and Subtraction by 9-Month-Old Infants", *Psychol. Sci*, vol. 15, núm. 11, pp. 776-781.

Newcombe, N., L. Mathason y M. Terlecki (2002), "Sex Differences in Mathematical Abilities and Achievement", en A. McGillicuddy-De Lisi y R. De Lisi (eds.), *Biology, Society, and Behavior: The Development of Sex Differences in Cognition*, Alex Publishing, Londres, pp. 155-181.

Piaget, J. (1952), *The Child's Conception of Number*, Norton, Nueva York.

Siegler, R.S. (2003), "Implications of Cognitive Science Research for Mathematics Education", en J. Kilpatrick, W.B. Martin y D.E. Schifter (eds.), *A Research Companion to Principles and Standards for School Mathematics*, National Council of Teachers of Mathematics, Reston, Virginia, pp. 219-233.

Starkey, P., E.S. Spelke y R. Gelman (1990), "Numerical Abstraction by Human Infant", *Cognition*, vol. 36, pp. 97-127.

Stevenson, H.W. y J.W. Stigler (1992), *The Learning Gap: Why our Schools are Failing and what we can Learn from Japanese and Chinese Education*, Summit Books, Nueva York.

Wynn, K. (1992), "Addition and Subtraction by Human Infants", *Nature*, vol. 358, pp. 749-750.

Wynn, K. (1998), "Numerical Competence in Infants", en C. Donlan (ed.), *The Development of Mathematical Skills*, Psychology Press, East Sussex, Reino Unido, pp. 1-25.

Xu, F. (2003), "Numerosity Discrimination in Infants: Evidence for Two Systems of Representations", *Cognition*, vol. 89, núm. 1, pp. 15-25.

CAPÍTULO 6
Disipando los "neuromitos"

Al enfrentar la Verdad, hay tres categorías de personas:
Aquellas que la añoran; son los menos.
Aquellos a quienes no les importa; son los más felices.
Aquellos que ya la tienen; son los más peligrosos.
Anónimo

Este capítulo aborda algunas de las trampas que surgen cuando se establecen puentes equivocados o sin fundamento entre la neurociencia y la educación. Esto se efectúa destacando y disipando una cantidad de "neuromitos". Ellos incluyen ideas sin fundamento acerca del pensamiento del lado izquierdo y del lado derecho del cerebro, del determinismo de los desarrollos en la infancia, de las diferencias de género y del multilingualismo. Este capítulo es muy relevante para todos aquellos preocupados acerca del aprendizaje y en especial para los interesados en evitar soluciones "a la moda" sin respaldo científico.

¿Qué es un "neuromito"?

La ciencia avanza por medio de ensayo y error. Las teorías se construyen sobre la base de la observación que otros fenómenos vienen a confirmar, modificar o refutar: luego se crea otra teoría complementaria o contradictoria con la anterior, y así sigue el proceso. Este avance a saltos de la ciencia es inevitable, pero tiene sus inconvenientes. Uno es que las hipótesis que han sido invalidadas dejan rastros los cuales si han capturado una mayor imaginación, se vuelven "mitos" y echan raíces. Puede ser que estas creencias hayan sido demolidas por la ciencia, pero prueban ser testarudamente persistentes y se transmiten a la mente pública mediante varios medios.

La neurociencia está atrapada inevitablemente en este fenómeno. Por ejemplo, algunas expresiones del idioma inglés confirman esto: el "sentido de número", por ejemplo, deriva de la investigación del anatomista y fisiólogo alemán, Franz Joseph Gall (1758-1828). Examinando las cabezas de criminales convictos vivos y diseccionando los cerebros de aquellos fallecidos, Gall estableció una teoría de la frenología: un talento en particular habría de producir un crecimiento en el cerebro que

empujaría sobre el hueso y distorsionaría el cráneo. Palpando la cabeza, Gall se jactaba de poder distinguir entre un criminal y un hombre honrado, una persona "matemática" de una "literaria". La frenología ha sido superada hace mucho tiempo, de hecho, también está desacreditada. De seguro, ciertas áreas del cerebro se especializan en ciertas funciones más que otras. Pero, al contrario de las regiones que Gall había creído identificar, es una cuestión de especialidades funcionales (como formación de imágenes, producción de palabras, sensibilidad táctil, etc.) y no de características morales tales como la bondad, combatividad, etcétera.[1]

En sí, la ciencia no es la única responsable por el surgimiento de tales mitos. A menudo es difícil entender todas las sutilezas de los descubrimientos de un estudio, aún más en el caso de sus protocolos y detalles metodológicos. Sin embargo, muchas veces la naturaleza humana se conforma con –incluso se deleita en– explicaciones rápidas, simples e inequívocas.[2] Inevitablemente, esto lleva a interpretaciones falsas, extrapolaciones cuestionables y más seguido, a la génesis de ideas falsas.[3]

El presente capítulo examina uno a uno los principales mitos pertinentes a la ciencia del cerebro, con particular atención sobre aquellos más relevantes a los métodos de aprendizaje. Para cada mito, una mirada histórica habrá de explicar cómo tomó cuerpo la idea y luego se revisará el estado actual de la investigación científica sobre el tema. Quizás de manera irónica, algunos mitos han sido de hecho beneficiosos para la educación en cuanto a que dieron una "justificación" para su diversificación. Pero, en su mayoría traen consecuencias desafortunadas y, por lo tanto, deben ser disipados.

1 Gall también había presupuesto la existencia de áreas apropiadas para los idiomas y las matemáticas.

2 Los medios masivos influyen de manera crítica sobre las opiniones y se encuentran especialmente dispuestas a la simplificación excesiva (acerca de esto, ver Bourdieu, *En televisión*, New Press, 1998).

3 Sin embargo, los científicos de ninguna manera se encuentran impermeables a esta tendencia. Aunque se espera que sean rigurosos en este campo, al dirigirse a audiencias alejadas de su investigación son demasiado humanos y sujetos a influencias subjetivas y emocionales.

“No hay tiempo que perder ya que todo lo importante para el cerebro está decidido a los tres años de edad”

Si usted ingresa las palabras clave “nacimiento a los tres años” en una máquina de búsqueda en su computadora, usted obtiene un impresionante número de sitios en la web donde se explica que los primeros tres años de su bebé son cruciales para su desarrollo futuro y que prácticamente todo ya se encuentra decidido a esa edad. También encontrará numerosos productos comerciales preparados para estimular la inteligencia de su bebé antes de llegar a esta edad umbral, de importancia absoluta.

De hecho, algunos fenómenos fisiológicos que tienen lugar en el desarrollo del cerebro pueden conducir a creencias de que las etapas críticas del aprendizaje ocurren entre el nacimiento y la edad de tres años. Pero esto puede ser distorsionado y exagerarse con facilidad. Cobra estatus místico cuando lo sobreutilizan ciertos gestores de políticas, educadores, fabricantes de juguetes y padres, quienes abruman a sus niños con gimnasia para recién nacidos y música estimulante en sus equipos de sonido ubicados sobre los respaldos de las camas de los bebés. ¿Cuáles son los fenómenos fisiológicos que la investigación ha descubierto que en realidad son relevantes?

El componente básico del procesamiento de información en el cerebro es la célula nerviosa o neurona. Un cerebro humano contiene unas 100 mil millones de neuronas. Cada una de ellas se puede conectar con miles de otras, lo cual permite que la información nerviosa circule de manera intensiva y en varias direcciones al mismo tiempo. A través de las conexiones entre las neuronas (sinapsis), los impulsos nerviosos viajan de una célula a otra, y apoyan el desarrollo de habilidades y de la capacidad de aprendizaje. El aprendizaje es la creación de nuevas sinapsis, o el reforzamiento o debilitamiento de sinapsis existentes. En comparación con un adulto, las sinapsis de un recién nacido son pocas. Luego de dos meses de crecimiento, la densidad sináptica del cerebro aumenta exponencialmente y excede la de un adulto (con su máximo a los diez meses). Luego viene una disminución progresiva hasta la edad de 10 años, donde se alcanza el número de “sinapsis adultas”. Luego tiene lugar una estabilización relativa. Al proceso mediante el cual las sinapsis se producen en masa se le conoce como *sinaptogénesis*. El proceso por

el cual las sinapsis disminuyen se llama *poda*. Es un mecanismo natural necesario para el crecimiento y el desarrollo.

Por mucho tiempo, la ciencia creía que el número máximo de neuronas se fijaba al nacimiento; a diferencia de la mayoría de las otras células, no se pensaba que las neuronas se regeneraban y que, por lo tanto, cada individuo perdería neuronas con regularidad. De la misma forma, siguiendo a una lesión cerebral las células nerviosas destruidas no podrían reemplazarse. Durante los últimos veinte años los descubrimientos han cambiado esta visión al revelar fenómenos insospechados hasta ahora: neuronas nuevas aparecen en cualquier momento durante la vida de las personas (neurogénesis) y, por lo menos, en algunos casos, el número de neuronas no fluctúa a lo largo de la vida.

Dicho esto, la sinaptogénesis es intensa en las etapas más tempranas de la vida del ser humano. Si el aprendizaje fuera determinado por la creación de sinapsis nuevas –una idea con alguna atracción intuitiva– es fácil deducir que es en los primeros años cuando un niño se encuentra más capacitado para aprender. Otra versión, más común en Europa, es la visión de que los niños muy pequeños deben ser estimulados constantemente durante los dos o tres primeros años, a fin de reforzar sus capacidades de aprendizaje para la vida. De hecho, estas aseveraciones van bastante más allá de la evidencia científica actual.

Sin embargo, un experimento conducido hace veinte años alimentó tal mito. Los estudios de laboratorio con roedores mostraron que la densidad sináptica podía incrementarse cuando los sujetos eran ubicados en un ambiente complejo, definido en este caso como una jaula con otros roedores y varios objetos para su exploración. Cuando estas ratas fueron sometidas subsecuentemente a una prueba de aprendizaje de laberinto, se desempeñaron mejor y con más rapidez que otras ratas que pertenecían a un grupo de control que vivía en ambientes "pobres" o "aislados" (Diamond, 2001). La conclusión fue que las ratas que vivían en ambientes "enriquecidos" tenían una mayor densidad sináptica y, por lo tanto, eran más capaces de desempeñar la tarea de aprendizaje.

Los elementos para crear el mito se encontraban en el lugar: un gran experimento, más bien fácil de entender aunque difícil de llevar a cabo, y descubrimientos que proyectan el resultado esperado. Sin embargo, el

experimento tuvo lugar en el laboratorio, bajo condiciones altamente artificiales.[4] Se llevó a cabo en roedores. Los no especialistas distorsionaron los datos experimentales de las ratas, obtenidos con incuestionable precisión científica, y los combinaron con ideas actuales acerca del desarrollo humano, para concluir que la intervención educacional, para ser más efectiva, debería coordinarse con la sinaptogénesis. Al mismo tiempo, sugirieron que los "ambientes enriquecidos" salvan a las sinapsis de la poda durante la infancia, o incuso crean nuevas sinapsis, y, por lo tanto, contribuyen a una mayor inteligencia y a una capacidad de aprendizaje más elevada. Éste es un caso donde se usaron hechos establecidos en un estudio válido para extrapolar conclusiones que van bastante más allá de la evidencia original.

Los límites y las lecciones de este caso están bastante claros. Hay pocos datos neurocientíficos humanos acerca de la relación predictiva entre la densidad sináptica de la vida temprana y la capacidad de aprendizaje incrementada. En forma similar, hay pocos datos disponibles respecto de la relación predictiva entre las densidades sinápticas de niños y adultos. No hay ninguna evidencia neurocientífica, ya sea para animales o humanos, que vincule la densidad sináptica adulta con una mayor capacidad de aprendizaje. Todo esto no significa que la plasticidad del cerebro, y la sinaptogénesis en particular, no tenga ninguna relación con el aprendizaje, pero, sobre la solidez de la evidencia disponible, los supuestos realizados en la identificación de tal rol determinante para el desarrollo desde el nacimiento a los tres años no pueden ser sostenidos.

[4] En la naturaleza, las ratas viven en ambientes estimulantes (muelles, cañerías, etc.) y tienen la cantidad de sinapsis necesarias para sobrevivir. Cuando se las introduce en ambientes artificiales empobrecidos, sus cerebros cuentan con las sinapsis apropiadas para ese ambiente. En resumen, van a ser lo suficientemente "inteligentes" como deban ser para sobrevivir en una jaula de laboratorio. El mismo razonamiento podría aplicarse a los seres humanos, pero los hechos están aún por ser probados. En este caso, la mayoría de los cerebros de las personas se ajustan a un ambiente razonablemente estimulante. La investigación ha demostrado que aun los niños que crecen en lo que podría llamarse un ambiente "empobrecido" (por ejemplo un gueto) al tiempo pueden llegar a destacarse en la escuela y continuar en la educación superior. Simplemente hay demasiados factores a tomar en cuenta al definir lo que un ambiente "enriquecido" debería ser para la mayoría de los estudiantes, como para hacer cualquier predicción acerca de capacidad intelectual, por lo que resultados como éstos son, en su estado actual, no aplicables a la educación.

Para más información, el lector puede consultar *The Myth of the First Three Years* [*El mito de los primeros tres años*] de John Bruer (2000). Él fue el primero en desafiar sistemáticamente este mito, que presentó como "enraizado en nuestras creencias culturales acerca de los niños y la infancia, nuestra fascinación con la mente-cerebro y nuestra permanente necesidad de encontrar respuestas que nos den seguridad respecto de preguntas problemáticas". Bruer retrocede al siglo XVIII para encontrar su origen: ya entonces se creía que la educación de la madre era la fuerza más poderosa para planificar la vida y el destino de un niño; los niños exitosos eran aquellos que habían interactuado "bien" con su familia. Él elimina uno a uno los mitos basados en interpretaciones erróneas de la sinaptogénesis temprana.

"Existen períodos críticos cuando se debe enseñar y aprender ciertas materias"

Aún no se concoce la influencia sobre el cerebro adulto de la intensa sinaptogénesis en la vida temprana, pero se sabe que los adultos son menos capaces de aprender ciertas cosas. Cualquiera que empieza a aprender un idioma extranjero más tarde en la vida, lo más probable es que siempre tendrá un "acento extranjero"; que la virtuosidad de un aprendiz tardío de un instrumento no será nunca la de un niño que ha practicado con la misma instrucción musical desde la edad de cinco años. ¿Significa esto que hay períodos en la vida donde ciertas tareas ya no pueden aprenderse? ¿O es que simplemente las tareas se aprenden más lento o de manera distinta en momentos diferentes?

Por mucho tiempo se creyó que el cerebro pierde neuronas con la edad, pero las mediciones permitidas por nuevas tecnologías han desafiado esta certeza. Terry y sus colegas mostraron que el número total de neuronas en cada área de la corteza cerebral no depende de la edad, sino sólo el número de neuronas "grandes". Las células nerviosas se encogen, lo cual resulta en un número en aumento de neuronas pequeñas, pero el número total de todas las neuronas permanece igual. Se ha encontrado recientemente que, de hecho, ciertas partes del cerebro, como el hipocampo, generan neuronas nuevas durante todo el ciclo vital. Entre otras cosas, el hipocampo está involucrado en la memoria espacial y en los procesos de navegación (Burgess y O'Keefe, 1996). Investigaciones que

compararon a taxistas londinenses con otros ciudadanos al azar sugieren una sólida relación entre el tamaño relativo y la activación del hipocampo, por un lado, y una buena capacidad de navegación por el otro; hay una correlación positiva entre el aumento de la corteza auditiva y el desarrollo del talento musical, así como también hay crecimiento en las áreas motoras del cerebro a continuación del entrenamiento intenso de movimientos de los dedos. En el último caso, los cambios en las configuraciones de las redes neuronales vinculados con el aprendizaje podían medirse usando técnicas de imagen cerebral a partir del quinto día de entrenamiento, esto es, luego de un período de aprendizaje muy breve.

Los procesos que remodelan el cerebro –la sinaptogénesis, la poda, el desarrollo y la modificación neuronal– se encuentran agrupados bajo el mismo término: "plasticidad cerebral". Numerosos estudios han mostrado que el cerebro permaneció plástico durante el ciclo vital, en términos de número tanto de neuronas como de sinapsis. La adquisición de habilidades resulta del entrenamiento y del reforzamiento de ciertas conexiones, pero también de la poda de otras. Hay una distinción que establecer entre dos tipos de sinaptogénesis –la que ocurre de manera natural temprano en la vida y la otra que resulta de la exposición a ambientes complejos a lo largo del ciclo vital–. Los investigadores se refieren al primero como "aprendizaje expectante-experiencia", y al segundo como "aprendizaje dependiente-experiencia". La gramática se aprende más rápido y fácil hasta aproximadamente la edad de 16 años, mientras que la capacidad de enriquecer el vocabulario de hecho aumenta a lo largo de la vida (Neville, 2000). La gramática es un ejemplo de aprendizaje en el período sensible y es expectante-experiencia: para que el aprendizaje ocurra sin dificultades excesivas, idealmente debería tener lugar dentro de un lapso dado (el período sensible). Por lo tanto, *el aprendizaje expectante-experiencia es óptimo durante ciertos períodos de la vida*. El aprendizaje que no es dependiente de un período sensible, tal como la adquisición de vocabulario, es dependiente-experiencia: donde el aprendizaje tiene mejor desarrollo y no se encuentra restringido por la edad o el tiempo, y este tipo de aprendizaje puede mejorar en la medida que transcurren los años (ver el Capítulo 2).

¿Existen "períodos críticos" como fases únicas durante los cuales solamente puedan tener éxito ciertos tipos de aprendizajes? ¿Pueden ciertas

habilidades o incluso conocimientos ser adquiridos sólo durante "ventanas de oportunidades" relativamente cortas que luego se cierran, de una vez, en una etapa precisa del desarrollo del cerebro? El concepto de "período crítico" se origina en experimentos realizados durante los años setenta por el etólogo Konrad Lorenz, que son relativamente bien conocidos por el público en general. Él observó que los pajaritos recién nacidos llegaron a apegarse en forma permanente al objeto móvil prominente del ambiente, normalmente su madre, cuyo apego Lorenz llamó "grabado en la memoria" [*imprinting*]. Al tomar el lugar de la madre, Lorenz logró apegarse a los pajaritos pequeños de manera que lo seguían para todos lados. El período que permite este apego es muy corto (inmediatamente luego de salir del cascarón); una vez activado, era imposible cambiar el objeto de apego, y los pajaritos seguían permanentemente al sustituto en vez de a su madre. El término "período crítico" es el apropiado para tal caso como un evento (o su ausencia) durante un período específico que acarrea una situación irreversible.[5]

Aún no se ha encontrado un período crítico para el aprendizaje humano (aunque aun puede que lo haya). Es más apropiado referirse a "períodos sensibles", cuando se facilita el aprendizaje de un tipo en particular. La comunidad científica reconoce que hay períodos sensibles, particularmente para el aprendizaje del lenguaje, y ha identificado varios de ellos (algunos de la edad adulta). Una pregunta clave de la investigación es si los programas de sistemas educacionales coinciden con la sucesión de períodos sensibles y si las técnicas de imagenología cerebral serán capaces de aportar nuevas explicaciones respecto de los procesos biológicos vinculados a esos períodos.

[5] En todos los casos los estudios en animales deben considerarse con extrema precaución (lo cual, al parecer, Lorenz y algunos otros olvidaron en algunas etapas). Por medio de analogías con experimentos conducidos sobre roedores, ha surgido la creencia de que suministrando ambientes estimulantes a los alumnos habrá de aumentar su conectividad cerebral y así producirse mejores alumnos. Las recomendaciones han sugerido que los profesores (y padres) deberían proveer ambientes coloridos, interesantes y sensorialmente significativos para asegurar un hijo inteligente. Argumentar acerca de la necesidad de "ambientes enriquecidos" para los niño a partir de información de ratas es injustificado (p. ej., escuchar a Mozart, observar móviles coloridos), considerando especialmente que no se han llevado a cabo estudios neurocientíficos paralelos acerca del efecto de ambientes complejos o aislados sobre el desarrollo del cerebro humano.

El aprendizaje del lenguaje provee buenos ejemplos de los "períodos sensibles". Al nacer, los niños pueden distinguir todos los sonidos del lenguaje, aun aquellos muy diferentes del lenguaje nativo de sus padres. Así, por ejemplo, mientras que los japoneses adultos experimentan dificultades al diferenciar entre los sonidos *r* y *l*, los cuales perciben como idénticos, los bebés japoneses muy pequeños son capaces de distinguirlos. La percepción se moldea con rapidez a partir del ambiente de sonidos del niño durante el transcurso de sus primeros doce meses, momento(s) en el(los) cual(es) ya no puede detectar las diferencias que no han sido parte de ese ambiente. La habilidad de diferenciar los sonidos extranjeros disminuye entre el sexto y el decimosegundo mes, tiempo en el cual el cerebro cambia, de manera que el bebé pueda convertirse en un parlante muy competente en el idioma nativo. Ya que el repertorio de sonidos del idioma nativo no requiere de la adquisición de sonidos nuevos sino, al revés, de la "pérdida" de los no producidos o no percibidos, podemos formular la hipótesis de que este proceso se completa mediante la sucesiva poda de sinapsis. Una importante razón de por qué es preferible destacar este aspecto del aprendizaje humano, en términos de períodos sensibles más que períodos críticos, es que se refiere a una pérdida y no a un aumento en la información. No obstante la descripción, no hay duda de que la habilidad de reproducir los sonidos de un idioma (fonología, acento) y la capacidad de integrar la gramática efectivamente son óptimas durante la infancia, mientras que, entre las competencias lingüísticas, perdura durante todo el ciclo vital sólo la capacidad de adquirir vocabulario.

El trabajo de Piaget ha influido mucho en la organización de sistemas escolares durante el transcurso de las últimas décadas del siglo XX. La idea básica de Piaget acerca del desarrollo, es que los niños experimentan períodos específicos de desarrollo cognitivo, de manera tal que no son capaces de aprender ciertas habilidades antes de edades relativamente fijas. Esto se aplica a la lectura, y a contar en los sistemas escolares de países de la OCDE, la lectura, escritura y la aritmética no se enseñan oficialmente antes de las edades de seis o siete años. Piaget y sus colegas propusieron entre otras cosas [*inter alia*] que los niños llegan al mundo sin ninguna idea preconcebida acerca de los números. Pero la investigación reciente sobre los trabajos del cerebro ha indicado que los niños nacen con un sentido innato de la representación de los números

(Dehaene, 1997). No es cosa de cuestionar todos los descubrimientos de Piaget, y él había identificado correctamente la importancia de los períodos verdaderamente sensibles. Pero los niños al nacer son más "dotados" de lo que los investigadores habían pensado durante mucho tiempo. (Gopnik, Meltzoff y Kuhl, 2005). Por esto es que las influyentes teorías de Piaget deben ser puestas en perspectiva por medio de este tipo de investigación.

"Sin embargo he leído en alguna parte que usamos solamente 10% de nuestro cerebro"

A menudo se dice que los humanos solamente empleamos 10% (a veces 20%) del cerebro. ¿De dónde viene este mito? Algunos dicen que viene de Einstein, quien durante una entrevista respondió que solamente usaba 10% de su cerebro. La investigación temprana del cerebro puede que haya apoyado este mito. En los años treinta del siglo pasado, Karl Lashley exploró el cerebro empleando shocks eléctricos. Debido a que muchas áreas no reaccionaban a estos shocks, Lashley concluyó que éstas no tenían ninguna función. Así es cómo el término "corteza silenciosa" entró en circulación. Hoy en día se determinó que esta teoría es incorrecta. Las dudosas interpretaciones acerca del funcionamiento del cerebro también han alimentado este mito.

Ahora, gracias a las técnicas de imagenología, el cerebro puede ser descrito en forma precisa en áreas funcionales. Cada sentido corresponde a una o a varias áreas funcionales principales: un área primaria visual, la cual recibe información percibida por el ojo; un área primaria auditiva, que recibe información percibida por la oreja, etc. Varias regiones están vinculadas a la producción y comprensión del lenguaje. A veces son descritas en forma separada por los fisiólogos, y el público que recuerda estas descripciones parciales puede que tenga la impresión de que el cerebro funciona área por área. Esto sería consistente con la imagen de que, en cada momento dado, sólo se encuentra activa una pequeña parte del cerebro, pero esto no es lo que ocurre. Las áreas primarias están rodeadas por áreas secundarias, de manera tal que, por ejemplo, información de imágenes percibidas por el ojo se envía a las áreas visuales primarias, y luego es analizada en las áreas visuales secundarias donde tiene lugar la reconstitución tridimensional de los objetos percibidos. La información

de la memoria del sujeto circula en el cerebro para reconocer objetos, mientras que información semántica desde las áreas del lenguaje entra en juego para que la persona pueda nombrar rápidamente el objeto visto. Al mismo tiempo, las áreas del cerebro que tratan con la postura y el movimiento están en acción bajo el efecto de señales nerviosas desde todo el cuerpo, permitiendo que la persona sepa si él(ella) está sentada o de pie, con la cabeza hacia el lado derecho o hacia el izquierdo, etc. Por lo tanto, una descripción parcial, fragmentada de las áreas del cerebro puede conducir a una interpretación errónea de cómo opera.

Otro origen del mito se puede encontrar en el hecho de que el cerebro está compuesto por diez células gliales por cada neurona. Las células gliales juegan un papel nutritivo y sostienen a las células nerviosas, pero no transmiten ninguna información. En términos de la transmisión de impulsos nerviosos, solamente se activan las neuronas (o sea 10% de las células que componen el cerebro) por lo que esto ofrece una fuente de malentendidos adicional del cual puede venir el "mito del 10%". Pero esta visión de la función de las células es simplista: mientras que las células gliales juegan un papel diferente de aquel de las neuronas, son esenciales para el funcionamiento del todo.

Los descubrimientos de la neurociencia ahora indican que el cerebro se encuentra 100% activo. En la neurocirugía, cuando es posible observar las funciones del cerebro en pacientes bajo anestesia local, los estímulos eléctricos no indican ninguna área inactiva, aun cuando no se registre movimiento, sensación o emoción. No hay ninguna área del cerebro completamente inactiva, aun durante el sueño; si la hubiera, indicaría un grave desorden funcional. En forma similar, la pérdida de mucho menos de 90% del tejido cerebral conduce a graves consecuencias, ya que ninguna región cerebral puede ser dañada sin causar defectos mentales o físicos. Los casos de personas que han vivido por años con una bala alojada en el cerebro, o traumas similares, no indican "áreas inútiles". Si es que es posible recuperarse de tal shock, es una demostración de la extraordinaria plasticidad del cerebro: las neuronas (o redes de neuronas) han sido capaces de reemplazar a aquellas que fueron destruidas y en tales casos el cerebro se reconfigura para superar el defecto.

Tampoco es plausible el mito debido a razones fisiológicas. La evolución no permite el desperdicio, y el cerebro, tal como los demás órganos, pero probablemente más que cualquier otro, es moldeado por la selección natural. Representa solamente 2% del peso total del cuerpo humano pero consume 20% de la energía disponible. Con tan elevado costo energético, la evolución no habría permitido el desarrollo de un órgano que es 90% inútil.

"Soy una persona del 'hemisferio izquierdo', ella es una persona del 'hemisferio derecho'"

El cerebro está compuesto por redes neuronales, tiene áreas funcionales que interactúan entre sí y se compone de hemisferios izquierdo y derecho. Cada hemisferio se especializa más en ciertos campos que en otros. ¿Justifican estos hechos las extrañas declaraciones que se escuchan en la vida diaria, tales como: "yo soy más del lado izquierdo del cerebro" o "las mujeres tienen más desarrollado el lado derecho del cerebro"? Se necesita una rápida visión general del origen de estos términos para determinar si corresponden a hechos, o si nuevamente se trata de extrapolaciones cuestionables de datos científicos. Pero, para empezar, se necesita subrayar que los dos hemisferios no son entidades funcionales y anatómicas separadas: las estructuras nerviosas los conectan entre sí (el cuerpo calloso) y muchas neuronas tienen el núcleo de su célula en un hemisferio y extensiones en el otro. Solamente esto ya debería incitar a la reflexión.

Se ha dicho que el "cerebro izquierdo" es el asiento del pensamiento racional, del pensamiento intelectual, del análisis, del lenguaje y del habla. También procesa deductiva o lógicamente la información numérica. Disecciona la información, analizando, distinguiendo y estructurando las partes de un todo, ordenando los datos en forma lineal. El cerebro izquierdo es el mejor equipado para lidiar con tareas relacionadas con el lenguaje (escrito y hablado), el álgebra, la resolución de problemas matemáticos, las operaciones lógicas. Por lo tanto, se puede creer que las personas que son racionales, intelectuales, lógicas y que tienen un buen sentido analítico "de preferencia usan el 'cerebro izquierdo'" y tienden a ser matemáticos, ingenieros e investigadores.

El "cerebro derecho" ha sido llamado el asiento de la intuición, de la emoción, del pensamiento no verbal, del pensamiento sintético, el cual permite las representaciones en el espacio, la creación y las emociones. Tiende a sintetizar y recrea formas tridimensionales, nota las similitudes más que las diferencias y entiende configuraciones complejas. Reconoce facciones y percibe espacios. De aquí brota el mito complementario de que las personas que son intuitivas, emocionales, imaginativas y que encuentran caminos con facilidad, "de preferencia usan el 'cerebro derecho' y se involucran en las profesiones artísticas y creativas".

La oposición "cerebro izquierdo/cerebro derecho" se originó en la primera investigación neurofisiológica. A menudo las capacidades intelectuales eran descritas como de dos clases: las aptitudes críticas y analíticas, por un lado, y por el otro, las aptitudes creativas y sintéticas. Una de las principales doctrinas de la neurofisiología del siglo XIX asociaba cada clase a un hemisferio. En 1844, Arthur Ladbroke Wigan publicó *Una nueva perspectiva de la locura: Dualidad de la mente* [*A New View of Insanity: Duality of the Mind*]. Él describe los dos hemisferios del cerebro como independientes y le atribuye a cada uno su propia voluntad y forma de pensar: normalmente trabajan juntos, pero, en algunas enfermedades, pueden trabajar uno en contra del otro. Esta idea capturó la imaginación con la publicación de la famosa novela de Robert Louis Stevenson, *El extraño caso del doctor Jekyll y míster Hyde*, en 1866, que explota la idea de un hemisferio izquierdo cultivado que se opone a un hemisferio derecho primitivo y emocional, que pierde todo control fácilmente. Paul Broca, un neurólogo francés, fue más allá de la ficción para asignar roles diferentes en cada hemisferio. En los años de la década de 1860, examinó *post mortem* los cerebros de más de 20 pacientes cuyas funciones de lenguaje estaban dañadas. En todos los cerebros examinados observó lesiones en el lóbulo frontal del hemisferio izquierdo, mientras que el hemisferio derecho se encontraba aún intacto. Concluyó que la producción del lenguaje hablado debía estar ubicada en la parte frontal del hemisferio izquierdo. Unos años más tarde, esto fue completado por el neurólogo alemán Wernicke, quien también había examinado *post mortem* cerebros de aquellos que tenían desórdenes en el desarrollo del lenguaje; él sugirió que la capacidad de entender el lenguaje se ubica en el lóbulo temporal del hemisferio izquierdo. Así, Broca y Wernicke asociaron el mismo hemisferio del cerebro, el izquierdo, con dos com-

ponentes esenciales del procesamiento del lenguaje: la comprensión y la producción oral.

Hasta la década de 1960, los métodos para observar el rol dominante del hemisferio izquierdo en el uso y procesamiento del lenguaje (lateralización del lenguaje) estaban basados en estudios *post mortem* de pacientes con lesiones cerebrales. Sin embargo, algunos neurólogos sostuvieron que podía ser que el lenguaje no fuera por completo una función del hemisferio izquierdo, ya que era imposible concluir que el hemisferio derecho no cumplía con ningún papel, sobre la base de la falta de lesiones entre aquellos que habían sufrido deterioros del lenguaje. Las lesiones solamente en el lado izquierdo podrían ser al azar. La pertinencia de la intuición fue subrayada por los estudios llevados a cabo en pacientes con "cerebros separados" (*split brain*). El cuerpo calloso de estos pacientes fue cercenado a fin de detener los ataques epilépticos de un hemisferio al otro. Si bien la meta principal de la operación era reducir los ataques epilépticos, también les permitió a los investigadores estudiar el rol de cada hemisferio en estos pacientes. Los primeros de dichos estudios se llevaron a cabo en los años 1960 y 1970, con un papel dominante desempeñado por el ganador del Premio Nobel de Medicina, Roger Sperry y su equipo del Instituto de Tecnología de California. Tuvieron éxito en suministrar información a un solo hemisferio en sus pacientes de "cerebro separado" y les solicitaron que usaran cada mano por separado para identificar objetos sin mirarlos. Este protocolo experimental construido sobre el hecho de que las funciones motoras y sensoriales básicas se encuentran divididas simétricamente entre los dos hemisferios del cerebro –el hemisferio izquierdo recibe casi toda la información sensorial desde y controla los movimientos hacia el lado derecho del cuerpo y *viceversa*–. La información sensorial de la mano derecha se recibe en el hemisferio izquierdo y aquella de la mano izquierda en el hemisferio derecho. Cuando los pacientes tocaban un objeto con su mano derecha, podían nombrar el objeto fácilmente, pero no así cuando lo tocaban con la mano izquierda. He aquí la prueba de que el hemisferio izquierdo es el asiento de las principales funciones del lenguaje.

Esta localización inequívoca de las funciones del lenguaje dio origen a la idea del hemisferio izquierdo como el verbal y el hemisferio derecho como el no verbal. Debido a que frecuentemente el lenguaje ha sido

percibido como la función más noble de la especie humana, fue declarado "dominante" el hemisferio izquierdo.

Otros experimentos con el mismo tipo de pacientes ayudaron a aclarar el rol del hemisferio derecho. Un video realizado por Sperry y Gazzaniga acerca del paciente de cerebro cercenado W.J. brinda una sorprendente demostración de la superioridad del hemisferio derecho para la visión espacial. Se le pasaron al paciente varios dados, cada uno con dos lados rojos, dos lados blancos y dos lados con franjas diagonales alternadas de rojo y blanco. La tarea del paciente era ordenar los dados de acuerdo con los patrones presentados en tarjetas. El comienzo del video muestra a W.J. ordenando los dados rápidamente según el patrón requerido usando su mano izquierda (recordar que es controlada por el hemisferio derecho). Sin embargo, tenía muchas dificultades para completar la misma tarea usando su mano derecha –era lento y movía los dados de manera indecisa–. Una vez que interviene su mano izquierda, se tornó rápido y preciso, pero cuando los investigadores la limitaron, nuevamente se tornó indeciso. Otra investigación por parte de Sperry *et al.* (1969) confirmó el dominio del hemisferio derecho en la visión espacial. Este rol luego fue confirmado por estudios de casos clínicos. Los pacientes que sufrían lesiones al hemisferio derecho no eran capaces de reconocer caras familiares; otros pacientes tenían dificultades con la orientación espacial.

Algunos pacientes con lesiones en el hemisferio derecho han mostrado defectos en la identificación de la entonación de palabras y en el reconocimiento de expresiones faciales emocionales. Los estudios del comportamiento respaldan los estudios clínicos: los ritmos del habla se perciben mejor cuando los sonidos son recibidos por el oído izquierdo a fin de que la información vaya al hemisferio derecho y las imágenes vistas por el campo visual izquierdo provocan mayor reacción emocional. De esto se dedujo que el hemisferio derecho también se especializaba en los procesos relacionados con las emociones.

Este conjunto de descubrimientos estaba maduro para engendrar neuromitos. En 1970, *La psicología de la conciencia* de Robert Ornstein postuló la hipótesis de que los "occidentales" usan principalmente la mitad izquierda de su cerebro con un hemisferio izquierdo bien entrenado gracias a su foco sobre el lenguaje y al pensamiento lógico. Sin embargo, ellos descuidan su hemisferio derecho y, por lo tanto, su pensamiento

emocional e intuitivo. Ornstein asocia el hemisferio izquierdo con el pensamiento lógico y analítico de los "occidentales" y el hemisferio derecho con el pensamiento emocional e intuitivo de los "orientales". Así es cómo se le otorga un origen fisiológico a la tradicional dualidad entre la inteligencia y la intuición, basado en la diferencia entre los dos hemisferios cerebrales. Aparte del aspecto ético altamente cuestionable de las ideas de Ornstein, ellas son el resultado acumulado de errores de interpretación y distorsiones de los descubrimientos científicos disponibles.

Otra noción sin fundamento científico difundida ampliamente estipula que el hemisferio izquierdo tiende a procesar los cambios rápidos y analiza los detalles y las características de los estímulos, mientras que el derecho procesa las características simultáneas y generales de los estímulos. Este modelo permanece enteramente especulativo. Partiendo de las diferencias entre el hemisferio verbal (el izquierdo) y el hemisferio no-verbal (el derecho), sobre el escenario de los neuromitos han hecho su aparición un creciente número de conceptos abstractos y de relaciones entre funciones mentales y los dos hemisferios, alejándose más y más de los descubrimientos científicos.

Gradualmente, siguieron emergiendo mitos en los cuales los dos hemisferios se asociaban, ya no sólo con dos maneras de pensar sino como revelaciones de dos tipos de personalidad. Los conceptos de "pensamiento del lado izquierdo" y "pensamiento del lado derecho", junto con la idea de un hemisferio dominante, condujeron a la noción de que cada individuo depende predominantemente de uno de los dos hemisferios, con estilos cognitivos distinguibles. Una persona racional y analítica podría ser caracterizada como "de cerebro izquierdo", una persona intuitiva y emocional como "de cerebro derecho".

Estos estilos cognitivos, promocionados a través de medios tales como revistas, libros de "autoconocimiento" y conferencias, se volvieron populares e hicieron surgir preguntas acerca de su aplicación en la educación. ¿Es necesario imaginar métodos de enseñanza adaptados más efectivamente al uso de uno u otro de los hemisferios, de acuerdo con las características supuestas del aprendiz asociado a dicho hemisferio? ¿Adoptan los programas de las escuelas métodos de enseñanza que usan todo el cerebro o, debido a su enfoque sobre aritmética y el lenguaje, se concentran demasiado en el "cerebro izquierdo"?

La idea de que las sociedades occidentales se enfocan de manera exclusiva sobre la mitad de nuestras capacidades mentales ("nuestro pensamiento del lado izquierdo") y descuidan la otra mitad ("nuestro pensamiento del lado derecho") se difundió ampliamente, y algunos educadores y sistemas se subieron al carro para recomendar que las escuelas cambiasen sus métodos de enseñanza de acuerdo con el concepto de hemisferio dominante. Educadores tales como M. Hunter y E.P. Torrance sostuvieron que los programas educacionales se encontraban principalmente orientados a los "cerebros izquierdos" y que favorecían actividades dependientes del cerebro izquierdo, tales como estar siempre sentados en el aula o aprender álgebra. Por eso, se inventaron métodos que buscaban involucrar los dos hemisferios, o incluso enfatizar actividades relacionadas con el hemisferio derecho. Ejemplo de eso es "mostrar y decir": en lugar de solamente leer textos a los alumnos (acción del hemisferio izquierdo), el profesor también les muestra imágenes y gráficos (acciones del hemisferio derecho). Otros métodos emplean la música, metáforas, juego de roles, meditación o dibujar, todo para activar la sincronización de ambos hemisferios. Se puede argumentar que han servido para avanzar la educación al diversificar sus métodos. Sin embargo, siendo que han pedido prestado de las teorías sobre el cerebro, están basados en errores de interpretación científicos ya que las dos mitades del cerebro no pueden ser separadas tan claramente.

De hecho, no hay evidencia científica que indique una correlación entre el grado de creatividad y la actividad del hemisferio derecho del cerebro. Un reciente análisis de 65 estudios mediante técnicas de imagenología cerebral y el procesamiento de las emociones concluye que tal procesamiento no puede asociarse exclusivamente al hemisferio derecho. De igual manera, no hay ninguna evidencia científica que valide la idea de que el análisis y la lógica dependen del hemisferio izquierdo o que el hemisferio izquierdo sea el asiento especial de la aritmética y de la lectura. Dehaene (1997) encontró que los dos hemisferios están activos cuando identifican numerales árabes (p. ej., 1 o 2 o 5). Otros estudios indican que, cuando se analizan los componentes de los procesos de la lectura (p. ej., la decodificación de palabras escritas o el reconocimiento de sonidos en los procesos de niveles más elevados, tal como leer un texto), se activan subsistemas de los dos hemisferios. Aun una actividad asociada en esencia con el hemisferio derecho –la codificación de relaciones

espaciales– prueba estar dentro de la competencia de los dos hemisferios, pero de una manera diferente en cada caso. El hemisferio izquierdo es más diestro en la codificación de relaciones espaciales categóricas (p. ej., alto/bajo o derecha/izquierda), mientras que el hemisferio derecho es más hábil en la codificación de relaciones espaciales métricas (esto es distancias continuas). Las técnicas de imagenología cerebral han mostrado que aun en estos dos casos específicos, en ambos hemisferios se activan áreas que trabajan juntas. Un descubrimiento quizás más sorprendente todavía es que el hemisferio dominante para el lenguaje no está necesariamente conectado a que la persona sea diestra o zurda, según se había pensado. Una idea muy difundida es que la gente diestra tiene el lenguaje en el lado izquierdo y viceversa, pero 5% de la gente diestra tiene en el hemisferio derecho las áreas principales relacionadas con el lenguaje y casi un tercio de los zurdos lo tiene ubicado en el hemisferio izquierdo.

Basados en los últimos estudios, los científicos creen que *los hemisferios del cerebro no trabajan en forma separada sino conjunta, para todas las tareas cognitivas, aun si hay asimetrías funcionales*. Como un sistema altamente integrado, es raro que una de las partes del cerebro trabaje de manera individual. Hay algunas tareas –como el reconocimiento de facciones y la producción del habla– que son dominadas por un hemisferio dado, pero la mayoría requiere que los dos hemisferios trabajen al mismo tiempo. Esto invalida los conceptos de "cerebro izquierdo" y "cerebro derecho". Aun cuando hayan acarreado algunos beneficios, respaldando métodos educacionales más diversificados, la clasificación de los alumnos o de las culturas de acuerdo con el hemisferio cerebral dominante es científicamente muy dudoso, potencialmente muy peligroso para lo social y altamente cuestionable para la ética. Por lo tanto, es un mito importante de evitar.

"Aceptémoslo: los hombres y los niños tienen cerebros diferentes de los de las mujeres y las niñas"

El estudio PISA 2003 es uno de los últimos en revelar diferencias del aprendizaje y de los logros educacionales relacionados con el género. Mucho más cuestionables son los trabajos que han aparecido a lo largo de los años recientes, que sostienen estar inspirados en descubrimientos

científicos, aparentemente para mostrar que los hombres y las mujeres piensan de manera diferente debido a un desarrollo cerebral diferente. Títulos tales como *Porqué los hombres no escuchan y las mujeres no pueden leer mapas* se han convertido en lecturas populares. ¿Cuánto de esto se ha fundamentado en investigación sólida? ¿Hay un "cerebro femenino" y un "cerebro masculino"? ¿Deberían los estilos de enseñanza moldearse de acuerdo con el género?

Hay diferencias funcionales y morfológicas entre el cerebro masculino y el cerebro femenino. Por ejemplo, el cerebro masculino es más grande, y cuando se trata del lenguaje, las áreas relevantes del cerebro se activan con más fuerza en las mujeres. Pero determinar el significado de estas diferencias es extremadamente difícil. *Ningún estudio a la fecha ha mostrado procesos específicos del género involucrados en la construcción de redes neuronales durante el aprendizaje*; éste es otro candidato para investigaciones adicionales.

Los términos "cerebro femenino" y "cerebro masculino" se refieren a las "maneras de ser" descritas en términos cognitivos más bien que a cualquier realidad biológica. Baron-Cohen, quien usa estas expresiones para describir el autismo y desórdenes relacionados (2003), cree que los hombres tienden a ser más "metódicos" (habilidad para entender los sistemas mecánicos) y las mujeres mejores comunicadoras (habilidad para comunicarse y entender a otros), y él sugiere que el autismo puede ser entendido como una forma extrema del "cerebro masculino". Pero no propone que los hombres y las mujeres tienen cerebros radicalmente diferentes ni que las mujeres autistas tienen un cerebro masculino. Él usa el término "cerebro masculino y femenino" para referirse a perfiles cognitivos particulares, lo cual es una elección desafortunada de terminología si contribuye a ideas distorsionadas respecto de los trabajos del cerebro.

Aun si se estableciera que, en promedio, el cerebro de una niña la hace menos capaz de aprender matemáticas, ¿sería esto una base para proponer educación especializada a estas diferencias? Si la meta de la educación fuera la de producir individuos humanos intensamente especializados, entonces por lo menos valdría la pena considerar esta pregunta, pero mientras continúe siendo su papel más importante el de crear ciudadanos con una cultura básica, tal pregunta pierde su relevancia respecto de la política educacional.

Donde se pueda indicar que existen diferencias, éstas serán pequeñas y estarán basadas en promedios. Las variaciones individuales más importantes son tales que permiten descartar el hecho de saber si una niña pequeña, tomada al azar, será menos capaz de aprender un cierto tema que un niño pequeño tomado al azar, etcétera.

"El cerebro de un niño pequeño sólo puede manejar el aprendizaje de un idioma a la vez"

Hoy en día la mitad de la población mundial habla por lo menos dos idiomas y el multilingüismo por lo general se considera un activo. Sin embargo, por bastante tiempo muchos han creído que aprender un idioma nuevo es problemático para el idioma nativo. A las supersticiones acerca de esto les cuesta morir, y a menudo se basan en una falsa representación del lenguaje en el cerebro. Un mito es que mientras más se aprende un lenguaje nuevo, necesariamente más se pierde el otro. Otro imagina dos idiomas como ocupando áreas separadas del cerebro, sin puntos de contacto tal que el conocimiento adquirido en un idioma no puede ser transferido al otro. A partir de estas ideas se ha supuesto que el aprendizaje simultáneo de dos idiomas en la infancia crearía una mezcla de ambos idiomas en el cerebro y haría más lento el desarrollo del niño. La inferencia falsa es que el idioma nativo debe ser aprendido "correctamente" antes de empezar con otro.

Los mitos surgen a partir de una combinación de factores. Debido a que el idioma es importante cultural y políticamente, estas consideraciones tiñen numerosos argumentos, incluyendo los descubrimientos de la investigación cerebral para favorecer un idioma "oficial" en detrimento de otros. Algunas observaciones médicas han jugado su parte: casos de pacientes políglotas o con dos idiomas (bilingües) que olvidan completamente un idioma y nada del otro luego de un trauma a la cabeza ayudaron a fomentar la idea de que los idiomas ocupaban áreas separadas del cerebro. Los estudios efectuados a comienzos del siglo XX, que encontraron que los individuos con dos idiomas tenían una inteligencia "inferior"[6] se llevaron a cabo con metodologías defectuosas, basándose principalmente en niños inmigrantes que a menudo estaban malnutridos

[6] Uno debe ser muy cuidadoso al usar la palabra "inteligencia", la cual de todas maneras no tiene una definición científica.

y bajo condiciones culturales y sociales difíciles. Los protocolos deberían haber tendido en cuenta que muchos de estos niños habían empezado a aprender el idioma del país donde eran huéspedes alrededor de la edad de cinco, seis o más años, y que sin un dominio sólido de ese idioma ellos tenían problemas al aprender otros temas. En resumen, no podemos comparar significativamente la inteligencia de niños que hablan un solo idioma, nativos, a menudo de familias de buena situación, con aquella de niños políglotas, principalmente de ambientes no privilegiados, con conocimiento familiar limitado del idioma dominante.

Estudios recientes han revelado en el cerebro la superposición de áreas del lenguaje en personas que tienen un sólido dominio de más de un idioma.[7] Este punto podría torcerse a favor del mito de que el cerebro solamente tiene "espacio limitado" en el cual almacenar información relacionada con el lenguaje. Otros estudios en sujetos con dos idiomas han indicado la activación de áreas diferenciadas por unos pocos milímetros cuando describen lo que hicieron ese día en sus idiomas nativos, que en el idioma aprendido mucho más tarde (KIM, 1997). Así es que la cuestión de "áreas del idioma" en los individuos políglotas aún no ha sido resuelta. Pero, partiendo de esta falta de resolución, es un error sostener que el sólido dominio del idioma nativo se debilita cuando se aprende otro idioma. Los abundantes casos de políglotas expertos son la prueba viviente de que esto no es así. Los alumnos que aprenden un idioma extranjero en la escuela no se debilitan en su idioma nativo sino que avanzan en ambos.[8]

"El conocimiento adquirido en un idioma no es accesible o transferible a otro idioma" es otro mito y uno de los más contraintuitivos. Cualquiera que aprende un concepto difícil en un idioma –por ejemplo, la evolución– puede entenderlo en otro idioma. En el caso de que haya incapacidad para explicar el concepto en el segundo idioma, se debe

7 Las condiciones de la creación de tales superposiciones no están resueltas. Una teoría estipula que las áreas reservadas para los idiomas se superponen cuando los idiomas son aprendidos a una edad temprana, pero que cuando el segundo idioma (o idiomas) se aprende tarde, no hay superposición. Otra teoría propone que la superposición aparece cuando se dominan los dos idiomas.

8 Estudios conducidos en 1990 en niños inmigrantes turcos a la República Federal Alemana, que seguían la escolaridad regular, encontraron que el número de errores hechos por estos niños disminuía en el turco y el alemán.

a una falta de vocabulario y no a una disminución del conocimiento. Los experimentos han encontrado que mientras más conocimiento es adquirido en diferentes idiomas, más es almacenado en áreas alejadas del área reservada para el idioma: no solamente es preservada en la forma de palabras pero también en otras formas tales como imágenes. Puede que los individuos políglotas ya no se acuerden en qué idioma aprendieron ciertas cosas –puede que se olviden luego de un rato si es que leyeron un artículo en particular o vieron cierta película, por ejemplo, en francés, en alemán o en inglés–.

El mito de que uno debe aprender su propio idioma nativo primero antes de aprender un segundo idioma se contrapone con los estudios que indican que los niños que dominan dos idiomas entienden mejor la estructura de cada idioma y la aplican de una manera más consciente. Por lo tanto, el hecho de ser políglota ayuda a fomentar otras competencias relacionadas con el lenguaje. Estos efectos positivos son más claros cuando el segundo idioma es adquirido de manera temprana; una educación políglota no conduce a un retraso en el desarrollo. Algunas veces, los niños muy pequeños pueden confundir los idiomas, pero a no ser que haya un defecto en la adquisición (tal como poca diferenciación de los sonidos), este fenómeno desaparece más tarde.

Las teorías acerca del bilingüismo y del multilingüismo se han basado especialmente en las teorías cognitivas. Los programas de aprendizaje de idiomas escolares futuros deberían depender de ejemplos de prácticas de enseñanza exitosas y ser informados por la investigación del cerebro, actual o futura, sobre las edades favorables para el aprendizaje de idiomas (períodos sensibles).

"¡Mejore su memoria!"

La memoria es una función esencial en el aprendizaje y también es el sujeto de ricas fantasías y distorsiones. "¡Mejore su memoria!" "¡Aumente su capacidad de memoria!" "¡Cómo conseguir una memoria excepcional rápidamente!" gritan los eslóganes para la venta de libros y productos farmacéuticos. Los eslóganes se promueven con crecida insistencia durante el período de exámenes. ¿Sabemos ahora lo suficiente como para comprender los procesos y para imaginar la creación de productos y métodos para mejorar la memorización? ¿Necesitamos hoy en día las

mismas formas de memoria que se necesitaban hace cincuenta o cien años, en un mundo de habilidades y profesiones diferentes? ¿Podemos hablar de diferentes memorias, por ejemplo, visual, léxica o emocional? ¿Los métodos de aprendizaje usan la memoria de la misma manera que lo hacían hace cincuenta años? Éstas son preguntas relevantes en este contexto.

En años recientes la comprensión de la memoria ha avanzado. Ahora sabemos que ésta no sólo responde al tipo de fenómeno y que no se encuentra ubicada en sólo un lugar del cerebro. Sin embargo, y en contraste con una creencia popular, la memoria no es infinita y esto se debe a que la información se almacena en redes neuronales, el número de las cuales es finito (aunque enorme). Nadie puede pretender memorizar la *Enciclopedia Británica* completa. También la investigación ha descubierto que la capacidad de olvidar es importante para la buena memorización. Acerca de esto, el caso de un paciente seguido por el neuropsicólogo Alexander Luria es iluminador: el paciente parecía tener una memoria infinita, pero sin capacidad de olvidar era incapaz de encontrar un trabajo estable, a no ser que se tratara del "campeón de la memoria". Parece ser que la tasa de olvido de los niños es la tasa óptima para construir una memoria eficiente (Anderson, 1990).

¿Qué ocurre con aquellas personas que tienen una memoria visual casi fotográfica, que son muy buenos para memorizar una larga lista de números extraídos al azar o capaces de jugar varias partidas de ajedrez simultáneamente mientras están con la vista vendada? Los investigadores han llegado a atribuir estos desempeños a formas especializadas de pensamiento, más que a un tipo específico de memoria visual. DeGroot (1965) se interesó en los grandes maestros del ajedrez y logró que cooperaran en experimentos donde la disposición del tablero de ajedrez se les mostraba brevemente y estos excelentes jugadores debían luego recrear la disposición de las piezas. Tuvieron un éxito perfecto en este desafío, excepto cuando la disposición de las piezas mostradas no tenía ninguna posibilidad de ocurrir durante una partida real de ajedrez. La conclusión que dedujo DeGroot fue que la habilidad de los grandes jugadores para recrear la disposición del tablero de ajedrez no se debía, por lo tanto, a la memoria visual, sino más bien a la capacidad de organizar en la mente la información de un juego que conocían extremadamente

bien. Con esta visión, el mismo estímulo se percibe y es entendido de manera diferente dependiendo de la profundidad de conocimiento de la situación.

No obstante este trabajo, de hecho algunas personas parecen tener una memoria visual excepcional, que puede mantener una imagen intacta. Ésta es una "memoria eidética". Por ejemplo, algunas personas pueden deletrear una página completa escrita en un idioma desconocido vista muy brevemente, como si hubieran tomado una fotografía de la página. Sin embargo, la imagen eidética no se forma en el cerebro como una fotografía –no es una reproducción sino una construcción–. Toma tiempo formarla y aquellos que tienen este tipo de memoria deben mirar la imagen por lo menos durante tres a cinco segundos para lograr examinar cada punto. Una vez que se forma la imagen en el cerebro, los sujetos son capaces de describir lo que vieron como si estuvieran viendo lo que describen. En contraste, los sujetos normales sin memoria eidética son más vacilantes en su descripción. Es interesante (y posiblemente desconcertante) saber que una mayor proporción de niños que de adultos parecen poseer una memoria eidética; parece que el aprendizaje, o la edad, debilitan esta capacidad (Haber y Haber, 1988). Estos investigadores también mostraron que 2 a 15% de los niños de las escuelas primarias tienen una memoria eidética. Lask y sus colegas (1969) encontraron que la verbalización, mientras se observaba una imagen, interfería con la captura eidética de la imagen, sugiriendo así una posible línea de explicación de la pérdida de memoria eidética con la edad. Kosslyn (1980) también buscó explicar esta correlación negativa entre la memorización visual y la edad. De acuerdo con sus estudios, la explicación reside en el hecho de que los adultos pueden codificar información empleando palabras, mientras que los niños aún no han terminado de desarrollar sus aptitudes verbales. Aún falta evidencia científica que confirme o contradiga estas explicaciones. Se necesitan estudios mediante técnica de imagenología cerebral acerca de esto.

Hay un gran número de técnicas para mejorar la memoria, pero solamente tienden a actuar sobre un tipo de memoria particular, ya sea a través de la mnemónica, repeticiones del mismo estímulo, o la creación de mapas conceptuales (dándole a las cosas un sentido que no necesariamente tiene, a fin de aprenderlas con más facilidad). Joseph Novak

ha dedicado un considerable estudio a los mapas conceptuales (Novak, 2003); notó un significante incremento en la habilidad de los alumnos de física para resolver problemas mediante el uso de estos mapas conceptuales. A este trabajo aún le falta un estudio mediante técnicas de imagenología cerebral para definir las áreas cerebrales activadas durante estos diferentes procesos. Sin embargo, se ha observado que las diferentes áreas del cerebro se activan, dependiendo de si el sujeto es un novato o no en el tema del cual se trata.[9] Por lo tanto, los estudios neurológicos aún son necesarios para entender cómo trabaja la memoria. Existe considerable diversidad de individuos, y los mismos individuos usarán la memoria en forma diferente a través de su ciclo vital dependiendo de su edad. Según lo visto en el Capítulo 3, la ciencia ha confirmado sin embargo el papel empleado por el ejercicio físico, el uso activo del cerebro y una dieta bien equilibrada (incluyendo ácidos grasos), en el desarrollo de la memoria y en la reducción del riesgo de enfermedades degenerativas.

Las preguntas con relación al uso de la memoria en los métodos de enseñanza actuales, y en especial al papel crítico que juega la memoria en la evaluación y certificación estudiantil en muchos sistemas educacionales de la OCDE, probablemente deberán tener que ser reconsideradas en el futuro a la luz de los nuevos descubrimientos neurocientíficos. Muchos de tales programas se basan más en la memoria que en la comprensión. La pregunta "¿no es mejor aprender a aprender?" no puede ser contestada a través de la neurociencia, pero continúa siendo altamente pertinente.

"¡Aprenda mientras duerme!"

Aprender mientras se está dormido –¡qué idea más fascinante y atractiva!–. El aprendizaje rápido, sin esfuerzo, es el sueño de muchos de nosotros. Pero aun los más entusiastas reconocen que si el conocimiento puede adquirirse durante el sueño, no por eso se aprende a utilizarlo. ¿Es la idea del "aprender mientras duerme" un mito por completo o tiene alguna base de verdad?

[9] Esto confirma otras observaciones respecto de las habilidades y de la forma en que se ve reflejada en las estructuras cerebrales.

En los métodos que aparentemente permiten tal aprendizaje, la información se repite mientras la persona está durmiendo con mensajes y textos transmitidos de manera continua por medio de una grabadora o equipo de CD. Los productos comerciales prometen un éxito fenomenal, sosteniendo que el aprendizaje mientras se duerme no solamente es posible, sino que aun es más eficiente que cuando se realiza despierto. La idea tomó fuerza durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se imaginaba que de esta forma los espías habrían de aprender rápidamente los dialectos, acentos, hábitos y costumbres de los países a los cuales habrían de ser enviados. El origen de esta idea acerca del aprendizaje se encuentra en la ciencia ficción y fue imaginada por primera vez por Hugo Gernsback, *Ralph 124 C41+: A Romance of the Year 2660*,[Ralph 124 C41+: Un romance del año 2660] publicado en 1911. Casi veinte años más tarde, Aldous Huxley describe a los niños aprendiendo a leer en el sueño en *Brave New World**. Estas historias de aprendizaje en mundos utópicos empezaron a derramarse por el mundo real. Se adelantaron "teorías" para explicar cómo esta forma de aprendizaje puede funcionar, pero eran vagas y contradictorias. Una sugería que el acto del aprendizaje comienza siempre con un proceso inconsciente, por lo que se lleva a cabo con más eficiencia durante el sueño que despierto. Ningún estudio científico serio justifica esta idea.

Sin embargo, algunos trabajos desde Rusia y los países del Este europeo, anteriormente comunistas, que buscaron demostrar el aprendizaje exitoso durante el sueño, merecen ser considerados. Kulikov (1968) llevó a cabo esta investigación narrando un cuento escrito por Tolstoi para niños, a sujetos que dormían normalmente. Uno de los doce sujetos tuvo recuerdos del texto al despertar. En un segundo grupo, Kulikov primero estableció contacto con los sujetos del experimento mientras dormían, reproduciendo frases grabadas tales como "usted está durmiendo tranquilamente, no despierte". Luego de estas frases, se reproducía el cuento, seguido por otras frases solicitándoles recordar el texto y que continuaran durmiendo calmadamente. Al parecer, estas instrucciones tuvieron un impacto real sobre la habilidad de los sujetos para recordar los textos que se les habían leído. Parece que los sujetos a quienes se les había leído el texto mientras dormían lo recordaban, así como también

* N. del T. Literalmente: un nuevo mundo valiente, pero se traduce habitualmente como *Un mundo feliz.*

los sujetos a quienes se les había leído el texto mientras estaban despiertos. Se efectuaron otros largos estudios en Rusia y en Europa del Este, siempre dando instrucciones antes del sueño (para revisiones, ver Hoskovec, 1966; Rubin, 1968). Sobre la base de estos descubrimientos se practicó intensamente el aprendizaje durante el sueño en los países de la ex Unión Soviética, más que nada durante las décadas de los cincuenta y sesenta. Se sostuvo que los idiomas podían aprenderse mientras se dormía, no solamente por parte de individuos, sino por pueblos completos, gracias a las transmisiones radiales nocturnas (Bootzin, Kihlstrom y Schacter, 1990).

Sin embargo, estos estudios adolecían de muchos errores, lo cual hace surgir dudas acerca de la verdadera efectividad del aprendizaje durante el sueño. A menudo, los investigadores indicaban que el aprendizaje funcionaba en los sujetos "sensibles", con el sentido variando desde un "sujeto sensible a la hipnosis" a un "sujeto persuadido por la eficiencia del aprendizaje durante el sueño". Otro defecto de estos experimentos era el pobre control del estado del sueño; ¿estaban algunos sujetos levemente despiertos? Generalmente, la información a ser retenida no se leía durante el sueño profundo, y no había ningún control sobre el estado del sueño en el electroencefalograma (EEG), como en los estudios occidentales. Los experimentos se realizaban en cuanto los sujetos se dormían o en las horas tempranas, momentos en los cuales los registros del EEG indican mayormente ondas alfa (Aarons, 1976). De ser así, es probable que los sujetos no estuvieran profundamente dormidos durante la lectura, sino que, en cambio, tuvieran un "sueño liviano", y de alguna forma estuvieran conscientes. Tales factores contribuyen a explicar los resultados positivos de muchos estudios de investigación del Este europeo, pero no agregan confianza a sus afirmaciones.

Mientras que los investigadores occidentales no han encontrado evidencia que respalde las afirmaciones del aprendizaje exitoso durante el sueño, a menudo han sido capaces de identificar un efecto cuando alguien se encuentra bajo anestesia (Schachter, 1996). Tradicionalmente, se consideraba que los pacientes bajo anestesia estaban dormidos y que no percibían nada. En los años sesenta, se condujeron experimentos por medio de los cuales los cirujanos se comportaban como si hubiera una emergencia grave mientras el paciente se encontraba bajo anestesia. Al despertar, se les preguntaba a los pacientes acerca de su operación

y algunos estaban muy agitados. A partir de esto se concluyó que los pacientes podrían implícitamente recordar algo de la operación mientras se encontraban durmiendo (Levinson, 1965). En otros estudios, los pacientes se recuperaban mejor de su operación que había tenido lugar bajo anestesia general si durante ella se les había dicho que se iban a recuperar rápidamente.

Sin embargo, tampoco estos estudios estaban libres de errores. Por un lado, estar bajo anestesia no es estar dormido, y por lo tanto no puede ser directamente comparado con el sueño. Una vez despiertos, los pacientes no podían recordar explícitamente lo que les había ocurrido o lo que habían escuchado durante la operación. La agitación y la recuperación no son criterios lo suficientemente sensibles mediante los cuales examinar la memoria. La naturaleza y la eficacia del anestésico podía ocasionar una diferencia en el proceso de la memorización (Schacter, 1996). Por último, los estudios siguientes no tuvieron éxito en reproducir los mismos resultados, y tendieron a sugerir que no era posible recordar eventos de la operación, estuviera el paciente conciente o no. *En resumen, ningún estudio desarrollado en los países occidentales sobre el aprendizaje durante el sueño, con el estado del sueño controlado estrictamente por un EEG, ha sido capaz de demostrar evidencia de aprendizaje* (Bootzin, Kihlstrom y Schacter, 1990; Wood, 1992).

Hasta ahora, numerosos estudios encontraron que el sueño modifica la memorización de las cosas aprendidas justo antes de dormirse (Gais y Born, 2004). Respecto del aprendizaje de hechos, por mucho tiempo se ha encontrado que cuentos cortos y sílabas sin sentido se recordaban mejor si precedían levemente al sueño (Jenkins y Dallenbach, 1924; van Ormer, 1933). Las respuestas condicionadas –la asociación de dos estímulos donde un estímulo condicionado (E.C.), tal como un ruido de campanillas, es presentado simultáneamente o justo antes de un estímulo incondicionado (E.I.) tal como un golpe eléctrico al dedo– también pueden aprenderse durante el sueño. El E.I generalmente provoca una respuesta fuerte, tal como el retiro del dedo luego del golpe eléctrico. Luego de varias pruebas, el sujeto aprende a asociar ambos estímulos y reacciona aunque solamente se produzca el E.C. de manera tal que el sujeto retira su dedo al sonido de una campana, haya o no un golpe eléctrico. Los estudios indican que una respuesta condicionada apren-

dida mientras se está despierto puede mantenerse cuando el sujeto está dormido (McDonald *et al.*, 1975).

Se concluye que no hay evidencia científica que respalde las sólidas afirmaciones acerca del aprendizaje durante el sueño, y ya sea durmiendo o no, uno no puede confiar en la simple repetición para aprender. Aprender un idioma extranjero, las ciencias naturales, la física, etc., requiere de un esfuerzo consciente. Los CD que se reproducen mientras se duerme prometen una ruta a un mejor aprendizaje, parar de fumar y perder peso, pero no hay evidencia científica que respalde estas promesas. Quizás no sea el CD lo que lo hace parar de fumar o perder peso, sino la motivación. Aprender mientras se duerme sigue siendo un mito y es muy poco probable que se vean recomendados esos enfoques como parte de los programas escolares o universitarios.

Conclusiones

El cerebro está de moda. Constantemente los medios extraen, de una manera u otra, misterios de esta "caja negra". En parte, esta popularidad se explica por el interés inherente de este tema para la mayoría de la gente ("si estás hablando acerca de mi cerebro, estás hablando de mí"), así como también por la riqueza de los descubrimientos nuevos por parte de la investigación neurocientífica, que se prestan para su cobertura por los medios. La atracción popular puede tener sus trampas. En años recientes ha aumentado el número de errores de interpretación que circulan acerca del cerebro, que han sido etiquetados como "neuromitos". Tienen algunas características comunes, independientemente de sus diferencias en otros aspectos.

La mayoría de los neuromitos, incluyendo los descritos en este capítulo, comparten orígenes similares. Casi siempre se basan en algún elemento sensato de la ciencia, lo cual dificulta aún más identificarlos y refutarlos. Sin embargo, los resultados sobre los cuales se construyen los neuromitos son o malentendidos, o incompletos, o exagerados o extrapolados más allá de la evidencia, o de hecho todo lo anterior al mismo tiempo. Esta dificultad es inherente al discurso científico mismo y a las simplificaciones que son tan fáciles de introducir, al traducir la ciencia al lenguaje diario (exacerbado por la naturaleza de la cobertura mediática). El surgimiento de un neuromito puede ocurrir a propósito o no.

Aunque algunos nacen accidentalmente, hay intereses que se sirven bien de ellos. A menudo, los neuromitos impulsan negocios, y es probable que la mayoría sean cualquier cosa menos accidentales.

Todos son potencialmente susceptibles a los neuromitos, pero algunos objetivos son en especial importantes. En primer lugar, se encuentran todos los educadores –ya sea padres, profesores u otros– que son la primera línea de los "consumidores" de la educación y, por lo tanto, están abiertos a las ideas en "venta". En un mundo educacional incierto, las ideas nuevas son muy bienvenidas, especialmente si aparecen como una panacea e incluso si aparecen como una solución embriónica. Si la educación tuviera más confianza en sí misma, tendrían menos posibilidades de proliferar las verdades a medias, las soluciones precocidas, las panaceas de a cuartos y los mitos. Pero de pie frente a los comienzos del siglo XXI, la reflexión y la práctica educativa se encuentran demasiado expuestos a la infección por esta fiebre, por lo que lo más probable es que los neuromitos habrán de permanecer en el futuro próximo.

Disipar o desbaratar los neuromitos ha sido una tarea de este trabajo OCDE/CERI por una cantidad de años, pero presenta numerosas dificultades. En primer lugar, exponer los neuromitos también expone las percepciones válidas de la investigación del cerebro al fuego del neuroescéptico, que lo puede utilizar para desafiar cualquier enfoque neurocientífico a la educación. De igual manera, expone al usuario cuidadoso de la evidencia neurocientífica que rechaza los mitos, a los ataques de aquellos cuyos intereses son servidos de mejor forma por la continuación de las creencias en ellos. También puede desilusionar a algunos educadores que han manifestado una fe ingenua y conmovedora en las promesas de la neurociencia.

Aún hay muy pocos puentes entre la neurociencia y la educación. Este análisis de los mitos acerca de cómo trabaja el cerebro indica claramente que se necesita mayor cooperación entre ambos dominios. Toda reforma educacional que esté en verdad orientada al servicio de los alumnos debería tener en cuenta los estudios y la investigación de la neurociencia, y al mismo tiempo mantener una sana objetividad. Igualmente, los investigadores del cerebro no se deberían excluir del mundo de la educación y de las implicaciones más amplias de su trabajo. Deberían estar dispuestos a explicarla lo más accesible y comprensiblemente como sea

posible. Será a través del intercambio entre las diferentes disciplinas y los jugadores (investigadores, apoderados, líderes políticos) que será posible dominar el floreciente conocimiento acerca del aprendizaje para crear un sistema educativo que sea al mismo tiempo personalizado para el individuo y universalmente relevante para todos.

Bibliografía

Aarons, L. (1976), "Sleep-assisted Instruction", *Psychological Bulletin*, vol. 83, pp. 1-40.

Anderson, J. (1990), *The Adaptive Character of Thought*, Erlbaum, Hillsdale, Nueva Jersey.

Baron-Cohen, S. (2003), *The Essential Difference: Men, Women and the Extreme Male Brain*, Allen-Lane, Londres.

Beh, H.C. y P.E.H. Barratt (1965), "Discrimination and Conditioning During Sleep as Indicated by the Electroencephalogram", *Science*, 19 de marzo, vol. 147, pp. 1470-1471.

Bootzin, R.R., J.F. Kihlstrom y D.L. Schacter (eds.) (1990), "Sleep and Cognition", *American Psychological Association*, Washington.

Bruer, J.T. (2000), *The Myth of the First Three Years, a New Understanding of Early Brain Development and Lifelong Learning*, The Free Press, Nueva York.

DeGroot, A. (1965), "Thought and Choices in Chess", Mouton Publishers, La Haya.

Dehaene, S. (1997), *The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics*, Allen Lane, The Penguin Press, Londres.

Diamond, M.C. (2001), "Successful Ageing of the Healthy Brain", artículo presentado en el congreso de la American Society on Aging and the National Council on the Aging, 10 de marzo, Nueva Orleans, LA.

Gabrieli, J. (2003), "Round Table Interview", *www.brainalicious.com*.

Gais, S. y J. Born (2004), "Declarative Memory Consolidation: Mechanisms Acting During Human Sleep", *Learning and Memory*, noviembre-diciembre, vol. 11, núm. 6, pp. 679-685.

Gernsback, H. (2000), *Ralph 124C 41+: A Romance of the Year 2660*, Bison Books, University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska.

Gopnik, A., A. Meltzoff y P. Kuhl (2005), *Comment pensent les bébés*?, Le Pommier (traducción de Sarah Gurcel).

Guillot, A. (2005), "La bionique", *Graines de Sciences*, vol. 7 (obra colectiva), Le Pommier, pp. 93-118.

Haber, R.N. y L.R. Haber (1988), "The Characteristics of Eidetic Imagery", en D. Fein y L.K. Obler (eds.), *The Exceptional Brain*, The Guilford Press, Nueva York, pp. 218-241.

Hoskovec, J. (1966), "Hypnopaedia in the Soviet Union: A Critical Review of Recent Major Experiments", *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, vol. 14, núm. 4, pp. 308-315.

Huxley, A. (1998), *Brave New World* (reimpresión), Perennial Classics, HarperCollins, Nueva York.

Ikeda, K. y T. Morotomi (1996), "Classical Conditioning during Human NREM Sleep and Response Transfer to Wakefulness", *Sleep*, vol. 19, núm. 1, pp. 72-74.

Jenkins, J.G. y K.M. Dallenbach (1924), "Obliviscence during Sleep and Waking", *American Journal of Psychology*, vol. 35, pp. 605-612.

Kim, K.H. *et al.* (1997), "Distinct Cortical Areas Associated with Native and Second Languages", *Nature*, vol. 388, núm. 6638, pp. 171-174.

Kosslyn, S.M. (1980), *Mental Imagery*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Kulikov, V.N. (1968), "The Question of Hypnopaedia", en F. Rubin (ed.), *Current Research in Hypnopaedia*, Elsevier, Nueva York, pp. 132-144.

Kuriyama, K., R. Stickgold y M.P. Walker (2004), "Sleep-Dependent Learning and Motor-Skill Complexity", *Learning and Memory*, vol. 11, núm. 6, pp. 705-713.

Leask, J., R.N. Haber y R.B. Haber (1969), "Eidetic Imagery in Children: Longitudinal and Experimental Results", *Psychonomic Monograph Supplements*, vol. 3, núm. 3, pp. 25-48.

Levinson, B.W. (1965), "States of Awareness during General Anaesthesia: Preliminary Communication", *British Journal of Anaesthesia*, vol. 37, núm. 7, pp. 544-546.

Lorenz, K. (1970), *Studies in Animal and Human Behaviour*, Harvard University Press, Cambridge Massachusetts.

McDonald, D.G. *et al.* (1975), "Studies of Information Processing in Sleep", *Psychophysiology*, vol. 12, núm. 6, pp. 624-629

Neville, H.J. (2000), "Brain Mechanisms of First and Second Language Acquisition", presentación al primer foro de alto nivel sobre "mecanismos del cerebro y aprendizaje temprano", 17 de junio, Sackler Institute, Nueva York.

Neville, H.J. y J.T. Bruer (2001), "Language Processing: How Experience Affects Brain Organisation", en D.B. Bailey *et al.* (eds.), *Critical Thinking About Critical Periods*, Paul H. Brookes Publishing Co., Baltimore, pp. 151-172.

Novak, J.D. (2003), "The Promise of New Ideas and New Technology for Improving Teaching and Learning", *Cell Biology Education*, vol. 2, Summer, American Society for Cell Biology, Bethesda, MD, pp. 122-132.

OECD (2002), "Learning Seen from a Neuroscientific Approach", *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*, OCDE, París, pp. 69-77.

OECD (2004), *Learning for Tomorrow's World – First Results from PISA 2003*, OCDE, París, pp. 95-99, *www.pisa.oecd.org*.

van Ormer, E.B. (1933), "Sleep and Retention", *Psychological Bulletin*, vol. 30, pp. 415-439.

Ornstein, R. (1972), *The Psychology of Consciousness*, Viking, Nueva York.

Rubin, R. (1998), *Current Research in Hypnopaedia*, MacDonald, Londres.

Schacter, D.L. (1996), *Searching for Memory: The Brain, the Mind and the Past*, Basic Books, Nueva York.

Scientific American (2004), "Do We Really Only Use 10 Per Cent of Our Brains?", *Scientific American*, junio.

Sperry, R.W., M.S. Gazzaniga y J.E. Bogen (1969), "Interhemispheric Relationships: The Neocortical Commissures; Syndromes of Hemisphere Disconnection", en P.J. Vincken and G.W. Bruyn (eds.), *Handbook of Clinical Neurology*, North-Holland Publishing Company, Ámsterdam.

Walker, M.P. *et al.* (2002), "Practice with Sleep Makes Perfect: Sleep-Dependent Motor Skill Learning", *Neuron*, vol. 35, núm. 1, pp. 205-211.

Wood, J. *et al.* (1992), "Implicit and Explicit Memory for Verbal Information Presented during Sleep", *Psychological Science*, vol. 3, pp. 236-239.

CAPÍTULO 7
La ética y la organización de la neurociencia educacional

Science sans conscience n'est que ruine de l'âme.
(La ciencia sin conciencia no es sino la ruina del alma.)
Francois Rabelais

Cada día más, la historia humana
se convierte en una carrera
entre la educación y la catástrofe.
Herbert George Wells

Este capítulo aborda el campo mismo de la neurociencia educacional. Describe cómo el surgimiento de este campo multidisciplinario ha sido una de las principales contribuciones del proyecto OCDE-CERI sobre "Las ciencias del aprendizaje y la investigación del cerebro". Destaca una variedad de proyectos e instituciones transdisciplinarias ejemplares, que ya han sido establecidas y que se encuentran activas, contribuyendo a este nuevo campo. La investigación involucrada y sus aplicaciones están llenas de desafíos éticos: ellos se exponen abiertamente y se hacen aclaraciones sobre algunas de las opciones clave.

Para que la neurociencia se convierta en un campo que perdure con contribuciones significativas a la política y práctica educacional, necesitamos abordar el desarrollo de este campo de investigación mismo como una actividad humana que crea y aplica conocimiento con una gama de personas e intereses involucrados. El presente capítulo analiza esto desde un doble enfoque. Primero, considera algunas de las cuestiones éticas que surgen al explorar este nuevo campo, cuestiones que son profundas y centrales a las aplicaciones actuales y futuras en la educación. Segundo, el capítulo analiza direcciones y desarrollos organizacionales y metodológicos. Aunque la metodología de la neurociencia recién está empezando a evolucionar, ya han surgido tres aspectos clave de un marco para un enfoque estratégico: debería ser transdisciplinario, bidireccional e internacional.

Los desafíos éticos que enfrenta la neurociencia educacional

Nuestro poder científico ha sobrepasado nuestro poder espiritual. Contamos con misiles guiados y hemos desviado a los hombres.
Martin Luther King Jr.

Durante las décadas recientes se ha llevado a cabo un enorme progreso en las técnicas de imagenología cerebral, haciendo más visible el funcionamiento del cerebro. Esto hace surgir algunas cuestiones éticas fundamentales: ¿puede ser examinado sin limitaciones el cerebro humano? ¿Cuáles son las metas de estas observaciones y para quiénes deberían estar disponibles (p. ej. a cuáles instituciones)?

Tradicionalmente, las normas éticas respecto de la investigación biomédica sobre seres humanos obedecían al Código de Nuremberg de 1949 y a la Declaración de Helsinki de 1964. Los puntos principales eran:

- el consentimiento informado y voluntario del sujeto humano es absolutamente esencial;
- las consideraciones con relación al bienestar del sujeto humano deben prevalecer sobre los intereses de la ciencia y de la sociedad;
- durante el desarrollo del experimento, el sujeto humano es libre de darlo por terminado en cualquier momento;
- durante el desarrollo del experimento el científico a cargo debe estar preparado para terminar el experimento en cualquier etapa.

Hoy en día, surgen nuevas interrogantes éticas debido al progreso científico relevante a las neurociencias e incluye desarrollos tales como:

- las tecnologías nuevas, como las de imagenología cerebral, permiten la exploración del cerebro humano y de sus funciones, con excelentes resoluciones espaciales y temporales;
- hay sustancias capaces de alterar las funciones cerebrales de manera selectiva, ocasionando cambios psicológicos;
- los estudios terapéuticos han indicado que las modificaciones en el comportamiento pueden conducir a cambios en las funciones cerebrales.

Estos desarrollos exigen nuevas reflexiones acerca de las normas éticas, que deberían ir bastante más allá de las academias científicas: involucran

a toda la sociedad y, de hecho, a cada individuo. Para comenzar, vemos el progreso en las técnicas de imagenología cerebral y luego el desarrollo de productos que afectan al cerebro, teniendo en cuenta las diferencias entre medicinas y productos estimulantes. Siendo que la investigación acerca del funcionamiento del cerebro nos permite entender mejor los procesos del aprendizaje, necesitamos abordar preguntas acerca de los vínculos entre la neurociencia y la educación.

¿Para qué propósitos y para quiénes?

La imagenología cerebral ya permite la exploración de regiones activadas del cerebro y de redes neuronales durante el desempeño de tareas, o para capturar el sentimiento de las emociones bajo condiciones experimentales, pero, ¿cómo considerar y decidir el estado psicológico de un paciente? Ya es importante pensar acerca de las condiciones del empleo de las técnicas de imagenología cerebral. ¿Deberían limitarse los resultados a la investigación o a la terapia? En el último caso, ¿cómo asegurar que la información médica se mantenga confidencial, tal como en cualquier otra situación médica? Por ejemplo, la información no debería entregarse a los bancos, aseguradoras o empleadores que bien podrían estar interesados en ella.

La imagenología cerebral plantea otro problema: ¿qué hacer si se descubre una patología o un riesgo de patología en forma no intencional? Un estudio del *Stanford Center for Biomedical Ethics* (EE.UU.)[Centro de Ética Biomédica de Stanford] encontró que 18% de los voluntarios "sanos" de hecho tenían anomalías cerebrales (Talan, 2005). Se puede encontrar que una persona tiene un quiste cerebral que jamás le ocasionará problemas: ¿debería informarse al voluntario acerca del hecho, alarmándolo innecesariamente, o debería ser tratado?

Un informe conjunto publicado en 2005 por el INSERM (*Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale,* Francia) [Instituto Nacional de la Salud y de la Investigación Médica] recomienda un examen médico sistemático a los 36 meses de edad para determinar "desórdenes del comportamiento en niños y adolescentes", que afecta a entre 5% y 9% de los quinceañeros, de acuerdo con estimaciones internacionales (INSERM, 2005). Se recomienda "ubicar conductas disruptivas desde las guarderías infantiles y colegios hacia arriba", y se sugieren terapias

individuales o, como "segunda opción", aun el empleo de medicamentos orientados a un efecto "antiagresión". Aunque este ejemplo no es acerca de la imagenología cerebral en específico, es directamente relevante ya que la recomendación concierne a un examen médico y a la prevención. Por lo tanto, plantea las mismas preguntas: ¿deberían los sujetos ser tratados de manera preventiva?, ¿a quién debería informarse acerca de los resultados (esto es, escuelas, instituciones, educadores, etc.)? La publicación del informe del INSERM 2005 ha provocado numerosas reacciones negativas por parte de los médicos, psicólogos y psiquiatras en Francia. Hace surgir preguntas inmediatas acerca del potencial de estas diferentes técnicas, que podrían producir la exclusión y el etiquetado [*labelling*] tempranos, y no es un exceso de imaginación pensar en el uso (y abuso) político potencial respecto de esta "localización médica", ya sea de gente joven, posiblemente disruptiva, o de otros con características reveladas mediante la imagenología cerebral.

Siempre es difícil predecir el progreso científico. Algún día la imagenología cerebral podría hacer posible determinar sin ambigüedades el estado emocional de las personas, y, por ejemplo, si están mintiendo, si están asustados, seguros de sí mismos, etc., todo lo cual puede tener profundas implicaciones si se emplea en los contextos educacionales. Por lo tanto, es importante revisar con regularidad las normas y los procedimientos a la luz de estas tecnologías, y las decisiones acerca de políticas no deberían tener consecuencias irremediables a largo plazo. El monitoreo por parte de la comunidad científica, así como la información del público deben ocurrir de manera continua.

Un tema ético global es que la imagenología cerebral es una técnica costosa cuyo empleo y beneficios tienden a limitarse a los países y a las poblaciones más ricas del mundo. ¿No deberíamos estar pensando ya en formas de cómo hacerla accesible al mayor número posible de personas? ¿Quién será capaz de tomar esas decisiones globales acerca de la equidad de la distribución y cómo podrán involucrarse las sociedades más pobres?

Los desafíos éticos respecto al uso de productos que afectan al cerebro

Los productos que afectan el cerebro pueden ser, ya sea explícitamente medicinales o estimulantes y sedantes cuyos efectos son diferentes de los

terapéuticos. No siempre está clara la frontera entre ambos, lo cual conduce a una cantidad de preguntas importantes. La medicina tiene como meta sanar a alguien, mejorar su salud. Los estimulantes y sedantes no combaten ninguna enfermedad, ya sea para curarla o prevenirla, pero mejoran una o más funciones en individuos sanos. Con todo, no siempre es fácil distinguir entre lo "normal" y lo patológico –lo que es normal para un individuo no es necesariamente normal para otro, lo cual resulta en un límite muy fino entre la medicina y otro producto–. Esta diferencia se puede ilustrar en la decisión acerca de si un niño tiene un síndrome de hiperactividad (ADHD, sigla en inglés del Trastorno de Hiperactividad Atencional Deficitaria) –las opiniones de los padres, del doctor tratante, del pediatra y del profesor pueden ser divergentes–. El uso de píldoras para el sueño ofrece otro ejemplo.

La psicofarmacología es la disciplina que produce sustancias que afectan al cerebro. A comienzos del siglo XX, se emplearon como componentes psiquiátricos una cantidad de remedios tradicionales sobre la base de plantas: el opio, el cannabis, el alcohol (Calvino, 2003). Alrededor de los años cincuenta, aparecieron los productos farmacológicos para mejorar los estados mentales, donde predominaban los tranquilizantes y antidepresivos. En la segunda mitad del siglo XX, la investigación psicofarmacológica sufrió una explosión, que resultó en la producción de una gran cantidad de sustancias. En su libro *Listening to Prozac* (1997) [Escuchando a Prozac], Peter Kramer fue uno de los primeros en cuestionarse acerca del uso de los antidepresivos como un tratamiento médico de apoyo: hay mucha gente que recurre a ellos aunque se encuentran en perfecto estado de salud y simplemente tienen una tendencia depresiva.[1] Esto se está volviendo cada vez más relevante en lo que se refiere al cerebro y al aprendizaje, ya que ciertas sustancias también se emplean para estimular el cerebro y aumentar la memoria. Independientemente de si su efectividad esté probada o no, cada vez surgen más preguntas acerca de los límites del uso de tales sustancias en el individuo sano. Ha sido necesario regular el uso de cualquier molécula que tenga un efecto sobre el cerebro. Esto significa definir los diferentes niveles de responsabilidad por parte del Estado, los doctores y los padres, y contar con información sobre las sustancias comercializadas, la forma en que se presentan, por

[1] La tendencia depresiva es un sentimiento de desaliento y tristeza, pero no es un estado patológico, en contraste con la depresión.

quién y para quiénes están siendo producidas. Ésta es un área que roza las fronteras de la responsabilidad y de la toma de decisiones privadas. ¿Deberían tener los padres el derecho de darle a sus hijos sustancias que estimulen sus logros escolares (memoria, atención), aunque tanto los peligros como su efectividad no estén claramente definidos? ¿Cuál es el paralelo con el dopaje en los deportes? Estas preguntas son más relevantes mientras mejor se comprende el funcionamiento del cerebro.

Para evitar el uso inapropiado de estos productos es necesario mantener al público informado y se requiere de un esfuerzo por parte de la comunidad científica. Si se encuentra que ciertas sustancias son seguras y beneficiosas, ¿cuál debería ser su disponibilidad y cómo serían fijados los precios a fin de que sean accesibles sobre una base equitativa? En lo que respecta a las tecnologías de imagenología cerebral, es necesario que haya un monitoreo científico y político, y un debate; en la ausencia de conocimientos adecuados, deberían evitarse las decisiones irremediables y a largo plazo.

El cerebro se encuentra con la máquina: ¿el sentido de ser humano?

Actualmente, los investigadores están intentando combinar los órganos vivos con la tecnologías, creando de esa manera una "biónica" (Guillot, 2005). En esto, el equipamiento artificial (prótesis electrónicas o mecánicas) es integrado a un órgano vivo u órganos vivos son integrados a los artificiales. Esta investigación también concierne a los componentes nerviosos y por lo tanto a la neurociencia. Por ejemplo, los órganos sensoriales, tales como la retina o la cornea, pueden dañarse sin que los circuitos neuronales se vean afectados; en estas circunstancias, es posible implantar órganos sensoriales artificiales para interpretar información lumínica, mecánica o química desde el ambiente, y transformarla en señales eléctricas que pueden ser entendidas por el sistema nervioso. En esencia, esta investigación apunta a ayudar a los individuos con discapacidades, pero, aparte de otros temas, también pueden ocasionar perturbaciones. Por ejemplo, consideren experimentos donde las ratas son controladas remotamente por medio de un programa computacional mediante electrodos implantados dentro de sus cerebros. Estos experimentos y desarrollos también deben ser supervisados con seriedad, y no sólo por los científicos, sino por toda la sociedad.

En algunos estudios, las estructuras robóticas son controladas desde alguna distancia por el cerebro; de esta forma, las ratas han sido capaces de comandar brazos robóticos que les daban agua; los monos han podido mover un cursor sobre la pantalla hacia un objetivo sin ningún contacto físico; incluso los humanos con el síndrome de enclaustramiento (*locked in*)* han sido entrenados para emplear un cursor para escribir en la pantalla de computadora, usando solamente su actividad cerebral. Para obtener estos resultados primero debió registrase la actividad cerebral; luego se programó una computadora conectada con un brazo manipulador de manera tal que la grabación cerebral correspondiente a "deseo de mover" activase el movimiento. Las ventajas de los desarrollos sobre la base de esta investigación son obvias para los individuos con discapacidades (por ejemplo, los tetrapléjicos), que de esta forma pueden controlar máquinas desde una distancia. Sin embargo, empleados en un contexto diferente, para propósitos diferentes, es igualmente obvio que este tipo de desarrollo necesita ser monitoreado y controlado muy de cerca.

¿El riesgo de un enfoque excesivamente científico de la educación?

Siendo que las neurociencias tratan con el desarrollo cerebral y el aprendizaje, son altamente relevantes para la enseñanza y los procesos del aprendizaje, pero, ¿es peligroso orientarse hacia un enfoque en el cual la educación es "demasiado científica"? Ciertamente las neurociencias pueden darle información a la educación, ya que ofrecen una mejor comprensión de los procesos cerebrales involucrados en el aprendizaje. Si es que comprendemos por qué ciertos alumnos tienen problemas en el aprendizaje de las matemáticas y otros no, podemos, por ejemplo, adaptar el aprendizaje de las matemáticas mediante un cambio pedagógico. De esta manera podríamos aspirar a identificar un método de enseñanza adaptado a cada alumno para cada disciplina. A partir del trabajo de Howard Gardner sobre las inteligencias múltiples (1983), se ha desarrollado esta idea de enseñanza adaptada, aunque aun el mismo Gardner ahora ha cambiado de parecer acerca de su valor (Gardner,

* N. de T. En este trastorno la persona sufre parálisis y no puede comunicarse verbalmente, aunque está consciente.

2000). Esto podría extenderse a los profesores. Gracias a la neurociencia, y a la imagenología cerebral en particular, un día podríamos ser capaces de determinar lo que es un "buen" profesor y verificar si las lecciones impartidas han sido entendidas correctamente por parte de los alumnos mediante un análisis de sus cerebros. ¿No podría esto correr el riesgo de elegir sólo un tipo de profesor, que corresponda con las normas del momento, creando así un sistema educacional altamente científico y también muy conformista?

Estos escenarios plantean la cuestión general acerca de las metas de la educación: ¿se trata de entrenar individuos especializados o se trata de crear y mantener una sociedad de ciudadanos con una cultura común? Las neurociencias pueden entregar respuestas en la búsqueda de una mejor calidad de educación, abierta a la mayor cantidad posible de personas, pero también pueden generar abusos. Bruer, quien fue uno de los primeros en propugnar una educación basada en las neurociencias ("educación basada en el cerebro"), se convirtió en uno de los principales críticos de esta noción (Bruer, 1993). Hemos visto que los desarrollos recientes en la ciencia del cerebro de hecho plantean numerosas interrogantes. La mayoría de ellas no son específicas a las neurociencias: la protección del individuo respecto de la imagenología cerebral es comparable al secreto médico; el control de las moléculas que afectan al cerebro es lo mismo que el control de cualquier otra molécula recientemente sintetizada o descubierta; la investigación sobre el interfaz máquina-cerebro pone en el tapete temas comunes y está sometida a las reglas que rigen la investigación científica en general. Sin embargo, debido a que las neurociencias se encuentran interesadas en el cerebro, el órgano que parece ser el más noble de todos, ya que es la fuente de la decisión y la libertad, ciertas aplicaciones pueden ocasionar desasosiego y aún oposición (el control del cerebro viviente por parte de una máquina es un buen ejemplo). Frente a estos temores comprensibles se han establecido diferentes organismos de monitoreo con agendas que se alinean con los temas esbozados en esta sección.

Creando un nuevo enfoque transdisciplinario para la comprensión del aprendizaje

> En el pasado, los conceptos transdisciplinariedad, unión y fusión, que unían campos muy divergentes, eran el privilegio exclusivo del genio, pero en el siglo XXI estas herramientas deben estar disponibles más ampliamente.
>
> …Proporcionar una educación transdisciplinaria que permitirá futuros estudios transdisciplinarios es una necesidad urgente que debemos satisfacer para el beneficio de las generaciones futuras.
>
> *Hideaki Koizumi*

La transdisciplinariedad

En la antigua Grecia, el conocimiento no se encontraba ordenado en disciplinas distintas, y los principales eruditos se movían libremente entre los diferentes campos. La influencia del reduccionismo, que empezó con Aristóteles y que ha continuado desde entonces, creó disciplinas con límites precisos (como en la Figura 7.1a.). Con este enfoque disciplinario, cada campo evoluciona de forma independiente como un conjunto especializado de herramientas de análisis. Tal disciplinariedad especializada se hace cada vez más necesaria, al mismo tiempo que cada vez es más insuficiente. La precisión expandida del enfoque disciplinario es necesaria para realizar avances significativos y esta forma de organización permite la administración de cantidades masivas de conocimiento. En la medida que las disciplinas maduran, los muros intelectuales entre ellas se tornan progresivamente más elevados y más gruesos, pero las divisiones entre ellas bien pueden tornarse menos lógicas; un enfoque disciplinario estático no proporciona los medios para trascender las fronteras disciplinarias cuando se tornan inapropiadas para el avance de la comprensión.

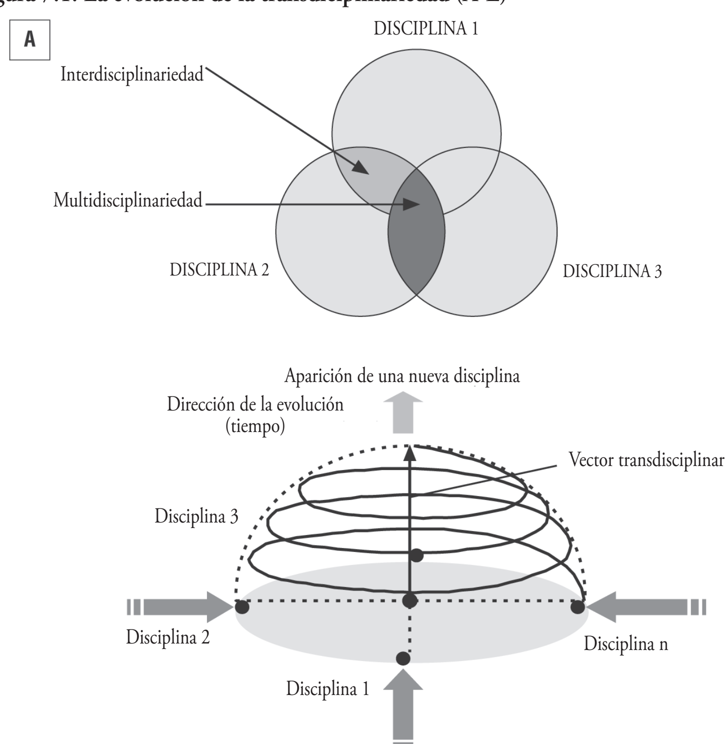
El estado actual de la neurociencia y de la educación proporciona una buena ilustración de las limitaciones de la separación disciplinaria. Sobre el aprendizaje, los avances recientes de la neurociencia han producido ideas potentes, al mismo tiempo que la investigación educacional ha acumulado una sustancial base de conocimiento. Una perspectiva neurocientífica del aprendizaje agrega una nueva e importante dimensión al estudio del aprendizaje en la educación, y el conocimiento educacional

podría ayudar a dirigir la investigación neurocientífica hacia áreas más relevantes. Sin embargo, si bien ambos campos están bien desarrollados, tienen culturas disciplinarias profundamente enraizadas, con métodos y lenguajes específicos para cada campo, que dificultan mucho el uso del conocimiento de un campo por parte de los expertos del otro.

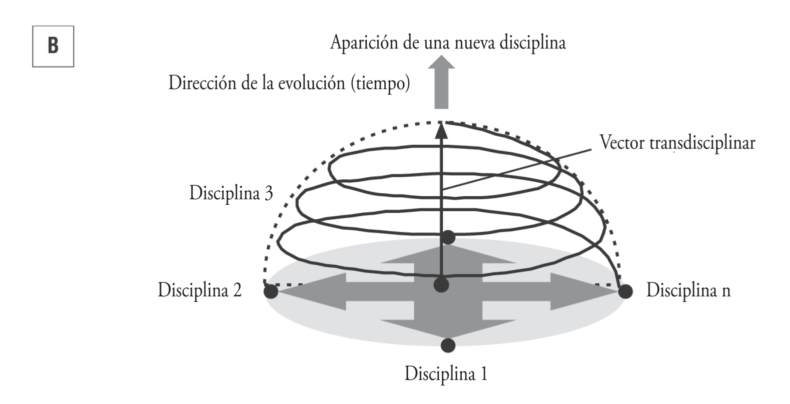
En la medida que las disciplinas alcanzan su madurez, se necesita una metaestructura dinámica que facilite la fusión y las nuevas divisiones de las disciplinas. Bajo tal metaestructura, las disciplinas impulsan la evolución del conocimiento, pero se adaptan cuando emergen fuerzas impulsadoras suficientes como para provocar esto. En el caso de la neurociencia y la educación, la comprensión más completa del aprendizaje es una fuerza impulsora apremiante, ya que es crítica para el logro de metas más generales, como el crecimiento económico sostenido, la cohesión social y el desarrollo personal.

La fusión de la neurociencia, de la educación y de otras disciplinas relevantes, y la creación de un nuevo campo transdisciplinario, conectaría el trabajo sobre el aprendizaje y atravesaría los muros intelectuales que dividen a las disciplinas (Figura 7.1a.). (Para una discusión acerca de los términos "transdisciplinario", multidisciplinario" e "interdisciplinario" y cómo se emplean aquí, ver Koizumi, 1999.) La colaboración interdisciplinaria entre dos disciplinas establecidas (en este caso, la neurociencia y la educación) es insuficiente para catalizar la fusión disciplinaria. Se necesitan múltiples disciplinas para impulsar el surgimiento de un campo transdisciplinario. A medida que se construyan puentes entre los campos relevantes, podrá emerger de manera gradual una nueva disciplina hija, con métodos y organización únicos. Una vez que esta nueva disciplina se haya cristalizado, puede entrar en la metaestructura dinámica, como una disciplina establecida capaz de contribuir a una evolución transdisciplinaria mayor (figuras 7.1b. y c.). Adicionalmente, puede retroalimentar para moldear las disciplinas de las cuales provino (Figura 7.1d.). Además, todo este proceso puede ocurrir con muchas disciplinas de forma simultánea, y crear una evolución dinámica del conocimiento (Figura 7.1e.).

Figura 7.1. La evolución de la transdisciplinariedad (A-E)

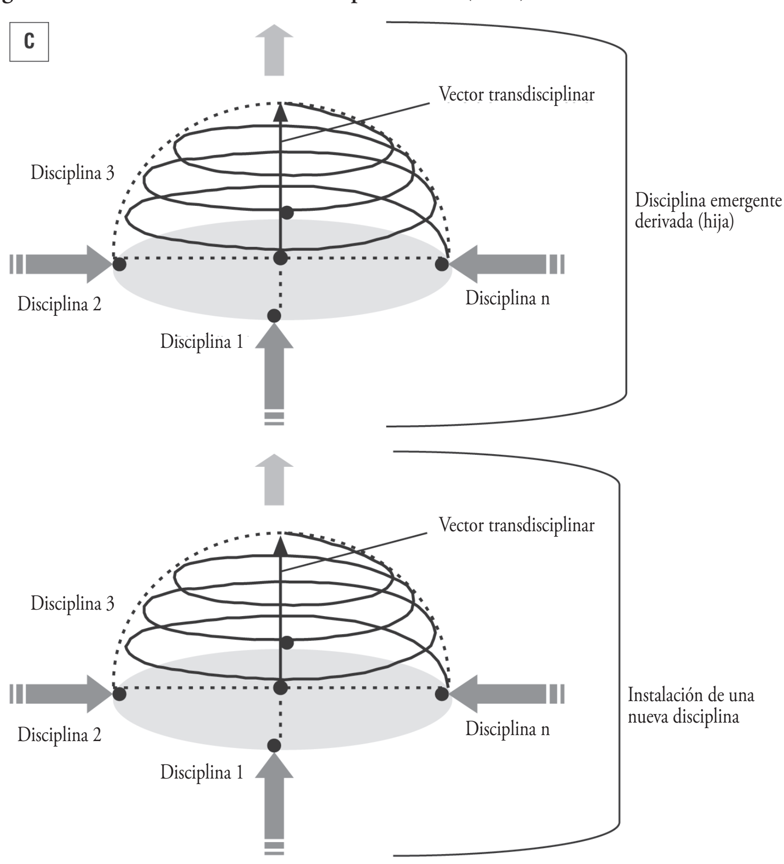


Nota: Este modelo contrasta el trabajo interdisciplinario y el multidisciplinario con el transdisciplinario. El trabajo interdisciplinario y el multidisciplinario involucran sobreponer dos disciplinas bien desarrolladas, (interdisciplinarios) o más (multidisciplinarios) mientras que el trabajo transdisciplinario involucra la fusión de muchas disciplinas y el surgimiento de una nueva disciplina hija. La neurociencia educacional debe desarrollarse como un campo transdisciplinario.
Fuente: Adaptado de Hideaki Koizumi (1999), "Un enfoque práctico hacia los estudios transdisciplinarios para el siglo XXI", *J. Seizon and Life Sci*., vol 9, pp. 5-24.

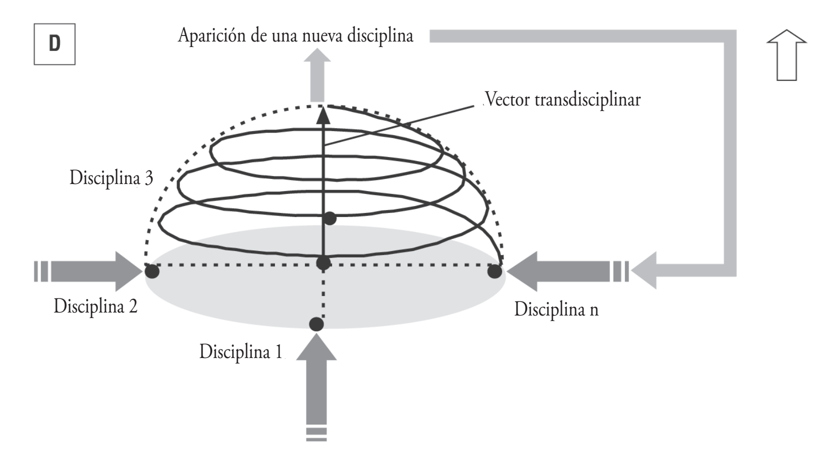


Nota: En la medida que un campo transdisciplinario llega a su madurez, puede entrar en la metaestructura dinámica como una disciplina establecida capaz de contribuir aún más a una evolución a través de las disciplinas.

Figura 7.1. La evolución de la transdiciplinariedad (cont.)

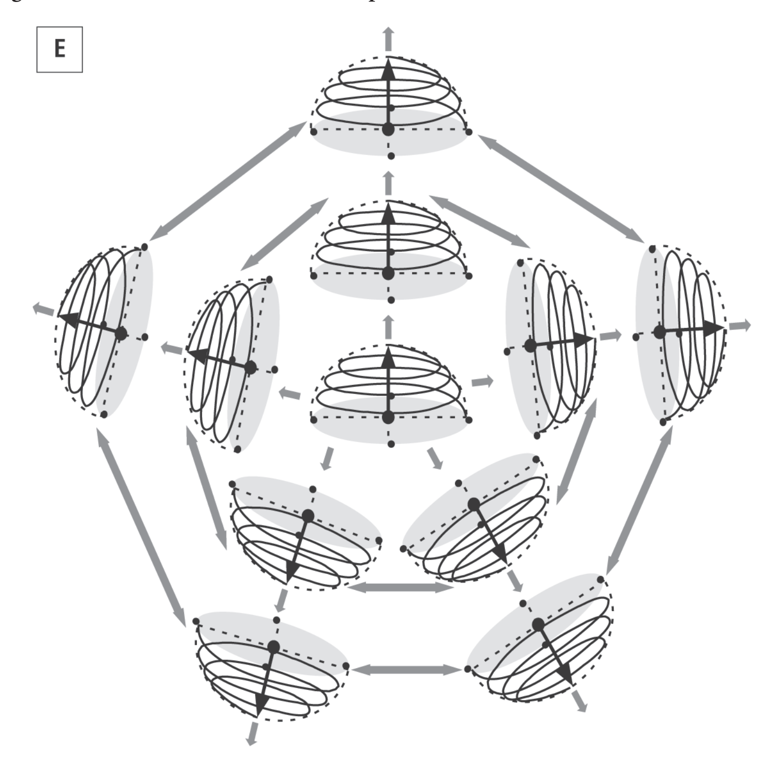


Nota: Una vez que se ha formado una nueva disciplina establecida, puede ramificarse para crear una nueva disciplina hija.



Nota: Además de contribuir a una continuada evolución transdiciplinaria, los campos transdisciplinarios recientemente establecidos también pueden retroalimentar para influir sobre sus disciplinas de origen.

Figura 7.1. La evolución de la transdisciplinariedad (cont.)



Nota: Las disciplinas madres pueden dar nacimiento a varias disciplinas hijas simultáneamente. A su vez, estas disciplinas pueden crear otras disciplinas hijas y así sucesivamente.

Establecer la neurociencia como una disciplina sólida es un proceso gradual que ya está encaminado (ver el Cuadro 7.1.).[2] Se están formando redes multidisciplinarias para acometer el trabajo multidisciplinario. El Centro para la Neurociencia en la Educación de la Universidad de Cambridge y el Laboratorio de Aprendizaje de Dinamarca en la Universidad Danesa de Educación, por ejemplo, están abordando las preguntas de la investigación transdisciplinaria (ver los cuadros 7.2. y 7.3.). Se están generando programas dirigidos a desarrollar expertos educacionales transdisciplinarios, como aquellos lanzados en la Universidad de Harvard (ver el Cuadro 7.4.), la Universidad de Cambridge y el Dartmouth College. En un inicio, el trabajo va a consistir principalmente en colaboración multidisciplinaria y los expertos pueden ayudar a construir rutas múltiples entre las disciplinas. En la medida que más

[2] Este cuadro y los siguientes han sido presentados y autorizados por las instituciones pertinentes.

expertos son entrenados, el campo se puede trasladar hacia un trabajo transdisciplinario genuino. Hay muchos educadores y neurocientíficos que ya están pavimentando una ruta en la profesión para profesionales, definida con nuevas habilidades, estableciendo laboratorios, escuelas, revistas, sociedades y foros electrónicos de discusión transdisciplinaria.

La creación de un léxico común es un próximo paso crítico. Actualmente hay términos claves que se usan de manera diferente a través de los campos. Hay una falta de consenso acerca del significado de términos incluso fundamentales, como "aprendizaje" (ver los capítulos 1 y 2). Esta multiplicidad de definiciones puede conducir a interpretaciones equivocadas. Se pueden combinar definiciones complementarias específicas a un campo, para crear términos y definiciones amplias. Por ejemplo, la concepción educacional del aprendizaje como un esfuerzo social puede vincularse con la concepción neurocientífica del aprendizaje como eventos moleculares en el cerebro. Las teorías constructivistas del aprendizaje mantienen que el significado no se transmite de forma pasiva al aprendiz, sino que el aprendiz lo construye de manera activa. Las teorías participativas agregan el foco acerca de cómo es construido dentro de las restricciones de un ambiente sociocultural particular. Con este marco de teoría educacional, el aprendizaje es un proceso activo, mediado socioculturalmente. Desde una perspectiva neurocientífica, el aprendizaje ocurre como una cascada de eventos moleculares que resultan en una modificación estructural con sentido para el aprendizaje subsecuente. Si los dos se juntan, el aprendizaje puede describirse como una serie de adaptaciones socioculturales mediadas de la estructura cerebral con consecuencias funcionales.

Otro paso importante es establecer una metodología compartida. La investigación educacional cuenta con una amplia variedad de métodos, que van desde el análisis cuantitativo correlativo hasta la etnografía. Dado que el enfoque metodológico de la educación resulta impulsado por problemas, es probable que surjan y persista una pluralidad de métodos en la neurociencia también. En la medida que el campo se desarrolle, será de importancia explicitar estos métodos. También sería beneficioso alinear las herramientas metodológicas de medición a través de los campos. Por ejemplo, alinear investigación cerebral costosa con mediciones psicológicas de bajo costo les permitiría a los investigadores

obtener información a partir de una muestra de mayor tamaño. Será necesario establecer estándares de evaluación que respondan a preguntas tales como: ¿qué criterio se empleará para determinar si vale la pena investigar una pregunta potencial de investigación? ¿Qué indicará si una intervención ha sido exitosa? ¿Qué peso relativo se le dará a un resultado de laboratorio, estadísticamente significativo, en comparación con un efecto visible en el aula? Estos tipos de preguntas pueden responderse mediante un diálogo entre los neurocientíficos y los educadores a través del espectro de la investigación y de la práctica.

Cuadro 7.1. La mente, el cerebro y la educación (MCE) [MBE sigla en inglés]
En esta edad de la biología, la sociedad mira hacia la neurociencia, la genética y la ciencia cognitiva para informar y mejorar la educación. Varias facultades de la Escuela de Posgrado en Educación de la Universidad de Harvard, inspiradas por la necesidad de la sociedad y el floreciente interés de los estudiantes, iniciaron el programa Mente, Cerebro y Educación (ver más adelante la descripción de este programa). Construir conocimiento utilizable, basado en la investigación para la educación, requiere crear una relación recíproca entre la práctica y la investigación, análoga a la relación entre la medicina y la biología. La investigación informa a la práctica y, simultáneamente, la práctica informa a la investigación. El programa MCE entrena gente para hacer estas conexiones.

Felizmente, jóvenes sobresalientes en lo académico acudieron en masa a inscribirse en el programa MCE para cursar sus grados de maestría y doctorado, pudiendo hacer sus propias contribuciones a la conexión entre la investigación y la práctica sobre la mente, el cerebro y la educación. Independientemente floreció en muchos lugares del mundo el interés por conectar la biología, la ciencia cognitiva y la educación: la OCDE inició su programa sobre la neurociencia y la educación en CERI. Japón inició importantes programas de investigación acerca de la neurociencia y la investigación. Se organizaron conferencias bianuales en Boston sobre el aprendizaje y el cerebro y periódicamente en otros lugares alrededor del mundo, para educadores y científicos. La Pontificia Academia de Ciencias inauguró una conferencia internacional sobre la mente, el cerebro y la educación para celebrar su aniversario número 400 (noviembre de 2003). La Universidad de Cambridge, el Dartmouth College y otras universidades iniciaron programas similares al MCE. Hay muchos científicos y educadores líderes que están trabajando en forma conjunta para construir los cimientos que permitan asentar la educación en la investigación.

Todo este interés demostró la necesidad de una organización que reúna gente interesada en la promoción de la investigación y de la práctica, vinculando la biología, la ciencia cognitiva y la educación. Un grupo internacional fundó en 2004, la Sociedad Internacional de la Mente, el Cerebro y la Educación (IMBES, sigla en inglés), la cual ha organizado varias conferencias y talleres para promover este campo emergente. Para crear un foro para la investigación y el diálogo, la IMBES fundó una nueva revista: *Mind, Brain, and Education* [La mente, el cerebro y la educación], que inició en 2007 con la Editorial Blackwell. Sobresalientes investigadores y académicos en el terreno han comenzado a presentar a la revista informes de investigaciones, ponencias conceptuales y análisis de prácticas prometedoras.

La MCE, OCDE, IMBES, la nueva revista *Mind, Brain and Education:* todos estos esfuerzos y muchos otros buscan crear una base sólida para la investigación y la práctica en la educación. El sólido interés por parte de los científicos, educadores y estudiantes augura un buen futuro, pero una necesidad esencial es crear una infraestructura que conecte la investigación y la práctica de la educación. Uno de los primeros catalizadores del eslabón investigación-práctica en la medicina es el hospital [que también constituye un Centro de Enseñanza de Medicina], en el cual los investigadores y los profesionales trabajan juntos en hospitales comunitarios para llevar a cabo la investigación relevante a la práctica, y para la formación de investigadores y profesionales jóvenes en escenarios de prácticas médicas. La educación necesita instituciones similares que contribuyan a introducir la investigación dentro de las escuelas y la práctica en los laboratorios. La MCE y la IMBES, en colaboración con el Instituto Ross, creen que la educación necesita Escuelas de Investigación que jueguen un papel análogo a los hospitales [Centros de Enseñanza de Medicina] en la construcción de una educación basada en la investigación. En las Escuelas de Investigación, las universidades y las escuelas de educación habrán de unir la investigación y la práctica en escuelas existentes y establecerán una infraestructura fundamental para asentar y mejorar la educación.
Fuente: Kurt W. Fischer, *La mente, el cerebro y la educación*, Escuela de Graduados en Educación de Harvard.

Cuadro 7.2. El Centro para la Neurociencia en Educación: Universidad de Cambridge, Reino Unido

La Universidad de Cambridge es líder internacional en la neurociencia básica y clínica, con una experiencia a nivel mundial dentro del Hospital Universitario de Addenbrookes. La inauguración de un Centro para la Neurociencia en la Educación en 2005 ha complementado estos desarrollos, brindando un rumbo genuinamente novedoso en el escenario mundial. El Centro es el primero en el mundo que cuenta con equipamiento de imagenología dentro de una Facultad de Educación.

Las metas del Centro son desarrollar la pericia de la investigación en esta área, relativamente nueva, construir capacidad de investigación al formar investigadores en la aplicación de las técnicas de la neurociencia a las cuestiones educacionales, proporcionar información acerca de la neurociencia a los profesores y educadores, y comunicar los impactos potenciales de tal trabajo multidisciplinario al campo más general. El hecho de que el Centro esté ubicado dentro de la Facultad de Educación de la Universidad de Cambridge ha facilitado la difusión de la información directamente a los investigadores educacionales, a los profesores en formación y a los usuarios de la educación, y también –en forma importante– ha permitido la contribución de los profesores y usuarios a la formulación de interrogantes para la investigación en los estudios a futuro. El Centro ha patrocinado un taller de investigación (en 2005) en nombre de la iniciativa de la OCDE/CERI, "El aprendizaje y el cerebro", acerca del aprendizaje de la lectura en las ortografías superficiales/no superficiales (*shallow/non-shallow*) (ver el Capítulo 4).

Los fondos para la investigación recaudados por el Centro suman £ 1,6 millones (del ESRC [dos asignaciones] MRC, Marco de referencia VI de la Unión Europea [dos asignaciones], y el *Healthcare Trust* [Fondo de Salud]). Los proyectos actuales incluyen un estudio longitudinal a gran escala de la base cerebral de la dislexia, estudios transversales del desarrollo numérico típico y de la discalculia en niños, estudios de la metacognición y del control ejecutivo en niños de muy temprana edad y estudios en niños con sinestesia, quienes, por ejemplo, experimentan los números y las letras con una mezcla de los sistemas sensoriales. El Centro ya atrae investigadores asociados (*Fellow*) de alto nivel y estudiantes de posgrado en investigación, incluyendo desde su inicio un investigador asociado ESRC, un investigador asociado dentro del Marco EU VI, un investigador Fulbright del gobierno español, un becado del ESRC, un estudiante posgraduado visitante de investigación NSF, un académico auspiciado por Gates, un estudiante posgraduado chileno auspiciado por su gobierno, y un estudiante posgraduado taiwanés auspiciado por su gobierno. Actualmente hay 16 estudiantes posgraduados e investigadores asociados trabajando en el Centro.

A los investigadores del Centro ya los han consultado ampliamente gestores de políticas y usuarios de la investigación en lo que respecta al potencial e impacto de la neurociencia en la educación. Los gestores de políticas públicas del Reino Unido, incluyendo la Oficina de Estándares Educacionales, la Oficina para la Ciencia y la Innovación, el gobierno local (LARCI), el Inspectorado de su Majestad para la Educación (Escocia), así como también iniciativas específicas del Reino Unido, como la Revisión de la Alfabetización Inicial Rose [*Rose Review of the Early Teaching of Literacy*], el Grupo de Trabajo Gubernamental acerca del Aprendizaje [*Government Working Group on Learning*] convocado por el Ministro de Escuelas, y el Plan de Entrenamiento de la Asociación de Fútbol Juvenil [*Football Association Youth Training Scheme*]. Los usuarios de la investigación incluyen servicios públicos y voluntarios (p. ej., profesores del Cambridge Primary Head, profesores del Cambridge Secondary Head, Servicios de Salud Mental del Niño y del Adolescente de Cambridge [*Cambridge Child and Adolescent Mental Health Services*], Dislexia Escocia [*Dyslexia, Scotland*] Asociación Nacional de Profesores de Niños con Dificultades Específicas de Aprendizaje [*National Association of Teachers of Children with Specific Learning Difficulties*], Asociación Nacional de Psicólogos Educacionales [*National Association of Educational Psychologists*], Conferencia Anual de Sub-Directores de Escuelas Especiales [*Special Schools Deputies Annual Conference*],Psicología para el Aprendizaje y Enseñanza [*Psychology for Learning and Teaching*], y el Centro de Gestión del Currículo y Evaluación de la Universidad de Durham [*Curriculum, Evaluation and Management Centre, University of Durham*].

Fuente: Centro para la Neurociencia en la Educación, Universidad de Cambridge, Reino Unido.

Cuadro 7.3. El Laboratorio de Aprendizaje en Dinamarca

El Laboratorio de Aprendizaje de Dinamarca (LAD) es parte de la Universidad Danesa de Educación. El LAD tiene como objetivo principal desarrollar investigación interdisciplinaria y orientada a la práctica sobre los procesos del aprendizaje en contextos formales e informales, la cual puede contribuir al desarrollo de métodos de enseñanza y de aprendizaje. Una de las áreas prioritarias del LAD es la neurociencia y el aprendizaje. La investigación en esta área es llevada a cabo por miembros de la unidad de investigación: *Neurociencia, corporalidad y aprendizaje*. Este grupo se enfoca especialmente a comprender la relación entre cerebro, cuerpo y cognición, y sobre las teorías del aprendizaje que pueden integrar los descubrimientos de la biología evolutiva, la neurociencia y la ciencia cognitiva. Ejemplos que ilustran acerca de los proyectos de investigación actuales incluyen:

Conocimiento tácito e implícito: La comprensión neurocientífica que subyace el aprendizaje se hace más y más extensa. A modo de ejemplo, la investigación neurocientífica sugiere que podemos distinguir entre dos modos de aprendizaje: el aprendizaje implícito y el aprendizaje explícito, los cuales sirven a propósitos evolutivos diferentes. El sistema educativo tradicional, ejemplificado por la escuela pública, se encuentra casi completamente involucrado con el aprendizaje explícito porque produce conocimientos que pueden ser verbalizados. Este proyecto de investigación busca investigar el potencial de aprendizaje implícito, y de ser posible, desarrollar pautas educacionales que puedan aprovechar esta fuente de aprendizaje.

El área de forma visual de la palabra: Hay un debate en curso acerca de si la lectura de las palabras se basa en un sistema designado [*dedicated*] en el cerebro, que no está compartido por otros tipos de estímulos (p. ej., objetos comunes, caras, etc.); la así llamada área de forma visual de la palabra (VWFA, sigla en inglés). Algunos sustentan que la activación de la VWFA es específica para las palabras y a las palabras hiladas, mientras que otros argumentan que el área es igualmente –o aún más– responsiva a otras categorías de objetos. Actualmente nos encontramos examinando esta interrogante por medio de la imagenología funcional en sujetos normales, involucrados en el procesamiento de palabras y dibujos en tareas que requieren de diferentes niveles de procesamiento estructural.

Diferencias individuales en la maduración cerebral: Gracias a los desarrollos recientes de las técnicas de imagenología cerebral no invasiva, por primera vez ha sido posible estudiar la dinámica de la maduración cerebral en niños durante los años escolares. Si bien queda mucho por aprender a partir de dichas técnicas, los primeros descubrimientos demuestran claramente el desarrollo en curso del cerebro. Los estudios también proporcionan alguna evidencia de las diferencias en el progreso de la maduración cerebral entre un niño de la misma edad y otro, y sugiere que tales diferencias predicen el estado de los procesos cognitivos en desarrollo en jóvenes individuales. Una interpretación plausible de los descubrimientos de la neuroimagenología, es que los niños en forma individual exhiben patrones únicos de maduración cerebral; y que el desarrollo de las habilidades y capacidades mentales de un niño son, hasta cierto grado, restringidos por este patrón. El programa de investigación propuesto habrá de enfocar específicamente las diferencias de trayectoria individuales de maduración cerebral, y la relación entre éstas y el desarrollo de habilidades académicas.

Para aumentar el conocimiento acerca del funcionamiento y aprendizaje cerebral dentro de las comunidades pedagógicas, también publicamos libros de ciencia popular en los cuales abordamos cómo convertir en acción las ideas biológicas y de la neurociencia. Actualmente, está siendo impresa una antología sobre la neurociencia y la pedagogía así como también hay un libro en preparación acerca de "Colegios en el bosque".

Fuente: Laboratorio de Aprendizaje, Dinamarca.

Cuadro 7.4. La Escuela de Posgraduados en Educación de Harvard

El estudio del aprendizaje pertenece al nexo entre la biología y la educación. Los recientes avances científicos, tales como las tecnologías de imagenología cerebral, permiten una nueva perspectiva biológica acerca del aprendizaje. Sin embargo, una gran cantidad de este trabajo está siendo desarrollado sólo en paralelo al estudio del aprendizaje en la educación, porque es muy difícil para los expertos en un campo usar el conocimiento de otro. La construcción de puentes entre estos dos campos requiere el desarrollo de profesionales híbridos capaces de conectar el trabajo a través de las disciplinas.

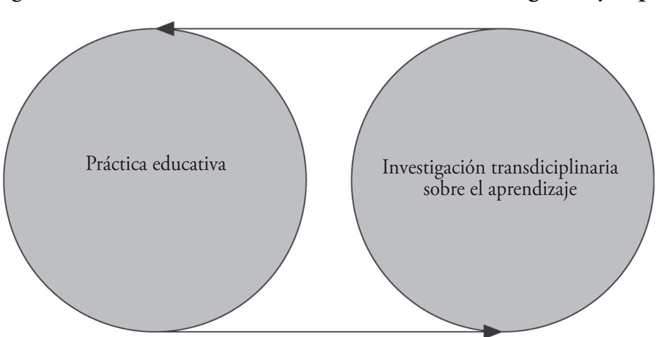
Precisamente desarrollar tales expertos transdisciplinarios es la meta del programa de *Mind, Brain and Education* [La mente, el cerebro y la educación] en la Escuela de Graduados en Educación. Ahora en su quinto año, el programa capacita a los estudiantes para sintetizar la investigación acerca del aprendizaje a través de los campos relevantes. El currículo aprovecha una amplia variedad de disciplinas, incluyendo la neurociencia, la genética, la psicología cognitiva y la educación, y todos los estudiantes deben asistir a un curso central diseñado para facilitar la síntesis. Este curso, titulado *Desarrollo cognitivo, la educación y el cerebro*, es impartido en equipo por expertos de los campos relevantes, quienes estimulan a los estudiantes a enfocar el aprendizaje a través de un lente integrado, empleando varias perspectivas disciplinarias juntas para analizar los temas educacionales. Los graduados están listos para efectuar contribuciones significativas a la investigación y práctica educacional. Mientras, Kurt Fischer, director y profesor del programa, enfatiza la importancia de la integración recíproca de la investigación y la práctica. El programa de Harvard, *La mente, el cerebro y la educación,* proporciona un modelo valioso para otras instituciones que aspiren a desarrollar programas transdisciplinarios.

Fuente: Christina Hinton, graduada del programa *La mente, el cerebro y la educación*) Escuela de Graduados en Educación de Harvard.

Los aportes recíprocos – el progreso bidireccional

La neurociencia por sí sola no puede proveer el conocimiento necesario para diseñar enfoques eficaces para la educación, y, por lo tanto, la neurociencia educacional no habrá de consistir en insertar técnicas basadas en el cerebro dentro de las aulas. Más bien, se debe establecer una relación recíproca entre la práctica educacional y la investigación acerca del aprendizaje, que es análoga a la relación entre la medicina y la biología (Figura 7.2.). Esta relación recíproca habrá de sostener el flujo bidireccional continuo de información necesario para dar soporte a una práctica educacional informada sobre el cerebro y basada en la investigación. Entonces, los educadores e investigadores podrán trabajar juntos en la identificación de metas de investigación relevantes para la educación, y discutir las implicaciones potenciales de los resultados de la investigación. Una vez que sean implementados los enfoques informados del cerebro, los profesionales de aula podrán examinar su efectividad sistemáticamente, y proporcionar resultados de la clase en las aulas como retroalimentación para refinar las orientaciones de la investigación.

Figura 7.2. El intercambio bidireccional entre la investigación y la práctica



Nota: Un flujo bidireccional de información entre la investigación transdisciplinaria sobre el aprendizaje y la práctica educacional. Los descubrimientos de la información moldean la práctica educacional, y a su vez, los resultados prácticos refinan las metas de la investigación.

Los profesores de aula necesitan algo de conocimiento del cerebro para poder interpretar los descubrimientos de la neurociencia, y para comunicar los resultados de las aulas a los neurocientíficos (ver el Cuadro 7.5.). Por lo tanto, se necesita de estructuras para educar a los practicantes acerca del cerebro, incluyendo a aquellos que están formándose para ser profesores, y los que se encuentran en programas de desarrollo profesional y necesitan también iniciativas que se comuniquen más ampliamente con la sociedad civil. Los programas de neurociencias y educacionales interdisciplinarios en la Universidad de Harvard, Universidad de Cambridge y el Dartmouth College, dan ejemplos de programas intensivos de educación de profesores diseñados para crear experiencia interdisciplinaria. También es posible integrar información acerca del cerebro dentro de programas de desarrollo inicial, convencionales de formación de profesores y de desarrollo profesional de corto plazo. Una posible estrategia organizacional sería la de seguir una secuencia curricular transdisciplinaria: desde los sistemas moleculares a los celulares, a los del cerebro, a sistemas de cuerpos individuales y a sistemas sociales. (Tal secuencia enfatizaría las conexiones entre el cerebro y la sociedad, dejando claros los procesos interactivos mediante los cuales la sociedad da forma a la estructura cerebral y, por lo tanto, influye sobre el comportamiento, lo cual, a su vez, da forma a la sociedad.) Sería bueno que las iniciativas incluyeran componentes para generar motivación y construir actitudes positivas, con el fin de asegurar que el conocimiento estuviera imbuido de práctica, y los programas también podrían ayudar a que los

profesionales de aula diseñaran un currículo sobre el cerebro de modo que los estudiantes reforzaran su consciencia metacognitiva del proceso de aprendizaje.

Debido a que el campo de la neurociencia se está expandiendo tan rápidamente, cualquier programa educacional sobre neurociencia debería incluir capacitación diseñada para facilitar el poder continuar aprendiendo acerca del cerebro luego de que el programa finalice. Ésta debería indicar dónde encontrar información precisa acerca del cerebro. También podría incluir precauciones para los practicantes acerca de los neuromitos prevalentes, y enseñarles cómo interpretar la neurociencia en los medios con un lente crítico. Las iniciativas orientadas hacia la comunicación con la sociedad civil en general pueden usar Internet (ver el Cuadro 7.6.). Las herramientas educacionales disponibles sobre la neurociencia basadas en la web, desarrolladas por el CERI, ya incluyen una base de datos utilizable de conocimiento y un foro de discusión monitoreado (*www.ceri-forums.org/forums*).

En la medida que se desarrollen marcos teóricos informados por la neurociencia y que se implementen prácticas basadas en aquellos modelos, los profesionales de aula necesitarán rastrear el progreso de estas prácticas, ya que los resultados de las aulas suministran información muy valiosa que puede ser empleada para afinar los modelos. Por ejemplo, si una intervención trabaja en un contexto pero no en otro, este resultado proporciona una visión interesante de la naturaleza de la interacción intervención–problema. Ayuda a enmarcar nuevas preguntas de investigación, como: ¿cuáles son los ingredientes clave de la intervención que promueven el éxito? ¿Cómo puede adaptarse este modelo a otros problemas sin estos elementos? Consideren, por ejemplo, una intervención que sólo ayuda a ciertos niños con Síndrome de Déficit Atencional con Hiperactividad a mejorar la atención. La identificación de las condiciones bajo las cuales la intervención es exitosa conduce a los investigadores hacia una comprensión diferenciada y más sofisticada de dicho síndrome. Los practicantes pueden recolectar información de muchas maneras diferentes, incluso al emplear las revistas de manera informal para documentar observaciones, involucrándose en discusiones semiformales con colegas para analizar las experiencias del aula y publicando ensayos que reflexionen sobre su práctica.

Dentro de las restricciones de las estructuras tradicionales es difícil para los profesionales de aula mantenerse actualizados con los resultados de laboratorio y para los investigadores mantenerse informados acerca de los resultados en las aulas. Al mismo tiempo que las conferencias transdisciplinarias, las revistas y las asociaciones proporcionan vínculos entre ambos campos, quizás la solución más ideal sería la de integrar tanto como sea posible los laboratorios con las escuelas. El Centro de Transferencia de la Neurociencia y del Aprendizaje en Ulm, se encuentra entre las primeras instituciones en integrar la investigación de la neurociencia y la práctica educacional (ver el Cuadro 7.7.). Una prometedora manera de estabilizar el trabajo transdisciplinario es establecer escuelas de investigación con práctica educacional íntimamente conectadas a la investigación cerebral.

Cuadro 7.5. Las perspectivas de los educadores acerca del rol de la neurociencia en la educación

Los profesionales de aula juegan un rol vital en el desarrollo de la didáctica informada del cerebro, ya que se encuentran en una posición única para evaluar su éxito *en vivo*. Es importante entender las expectativas, preconcepciones, necesidades y actitudes de los educadores para una colaboración interdisciplinaria exitosa. Un estudio pionero conducido por Susan J. Pickering y Paul Howard-Jones en la Universidad de Bristol suministra percepciones importantes sobre las perspectivas de los educadores acerca de la neurociencia y la educación.

Ciento noventa y ocho participantes del Reino Unido y de otros países contestaron un cuestionario respecto de sus pensamientos, creencias y conocimientos acerca del vínculo entre la neurociencia y la educación. Además, una pequeña muestra de participantes tomó parte en una entrevista semiestructurada, basada en el cuestionario, pero que permitía que los participantes desarrollaran la discusión en direcciones de interés para ellos. Los participantes provinieron de las conferencias *2005 Aprendizaje y el Cerebro - Europa* sostenida en Manchester, Reino Unido, y *2005 Educación e Investigación Cerebral* que tuvo lugar en Cambridge, Reino Unido, y de la página de presentación de *Brain and Learning* [Cerebro y aprendizaje] de la OCDE/CERI.

El cuestionario incluía respuestas breves, respuestas libres y preguntas tipo escala de Likert, diseñadas para obtener información acerca de:

- Las perspectivas de los educadores acerca de la importancia de los trabajos del cerebro en un rango de actividades educacionales para niños y adultos.
- Las fuentes de información usadas por los educadores para obtener información acerca de la neurociencia y la educación.
- Ideas educacionales que habían encontrado los educadores respecto al cerebro.
- Si las instituciones de los participantes habían empleado iniciativas basadas en ideas acerca del cerebro, y si tales ideas eran útiles.
- La importancia de una cantidad de temas en la aplicación de la neurociencia a la educación, como: la comunicación entre las partes interesadas, la relevancia, la accesibilidad a la información y la ética.

La información recolectada proporciona una rica representación de las perspectivas de los practicantes sobre la conexión entre la neurociencia y la educación. Algunos de los descubrimientos claves fueron los siguientes:

- Los educadores creen que la información acerca del cerebro es altamente relevante para un amplio rango de actividades educacionales, incluyendo el diseño y entrega de programas educacionales para los niños y adultos, para aquellos con y sin problemas de aprendizaje y para entender el rol de la nutrición en la educación.
- Los educadores cuentan con una variedad de fuentes de información acerca del cerebro, incluyendo revistas académicas, conferencias, revistas profesionales, libros, desarrollo profesional y capacitación. Las diferencias en la preferencia de fuentes puede que refleje detalles de acceso, experiencia previa y nociones preconcebidas acerca del rol de la neurociencia y la educación.
- Una vasta variedad de ideas acerca de la neurociencia y la educación se encuentra flotando alrededor de las comunidades educativas. Las ideas que han sido empleadas por parte de las instituciones educacionales van desde los enfoques basados científicamente, tales como la teoría de las inteligencias múltiples, a los neuromitos, tales como los estilos de aprendizaje cerebro izquierdo/cerebro derecho.
- Sin embargo, los participantes en la encuesta eran generalmente positivos acerca de la utilidad de la mayoría de las ideas que habían encontrado.
- Los practicantes están más interesados en los resultados que son directamente relevantes a la práctica en el aula, que en los desarrollos teóricos que aún no son aplicables de manera práctica. Sin embargo, no parecen estar satisfechos con que se les esté "diciendo lo que funciona", pero están buscando entender cómo y por qué ciertas prácticas informadas del cerebro son útiles.
- Los participantes informaron que les faltaba tiempo, tenían acceso limitado a recursos tales como revistas académicas y se sentían vulnerables ante individuos que declaraban ser expertos en prácticas basadas en el cerebro. Ellos identificaron las siguientes soluciones: crear profesionales híbridos que puedan facilitar la comunicación interdisciplinaria, incluyendo la neurociencia en la educación inicial del profesorado, y el lanzamiento de iniciativas orientadas a ayudar a los profesores a desarrollar habilidades críticas para el cuestionamiento de prácticas nuevas basadas en el cerebro.

El presente estudio indica un entusiasmo alentador entre los educadores y un deseo de entender cómo aprende el cerebro y cómo usar este conocimiento para reforzar su práctica.

Fuente: Paul Howard-Jones y Susan J. Pickering, Universidad de Bristol.

Cuadro 7.6. La tecnología y una perspectiva mundial de la educación

Los descubrimientos recientes relacionados con los mecanismos cerebrales de la atención, los conocimientos básicos de matemáticas y alfabetización han llevado a una cantidad de investigadores bajo el liderazgo de Centro para la Investigación Educacional e Innovación (CERI) de la OCDE a desarrollar un sitio web. Este sitio web *www.teach-the-brain.org* está diseñado para iniciar el proceso de desarrollar la experiencia educacional sobre la base de la investigación cerebral que puede ser entregada con la ayuda de la web.

Hasta ahora se han desarrollado dos programas para su entrega en la web, uno en entrenamiento de la atención y otro sobre alfabetización. En este momento ambos programas existen sólo en formato descargable. El usuario necesita entrar al sitio web y luego bajar los programas para su uso con su propia computadora. La meta ha sido implementar programas plenamente interactivos que al mismo tiempo puedan entregar servicios y recolectar información relevante acerca de su uso. De esa manera los programas pueden fomentar la investigación que pueda conducir a actualizaciones y mejoras.

Aunque hay investigación que indican que el uso de estos programas puede conducir a mejoras y que puede cambiar aspectos del funcionamiento del cerebro, no hay razón para suponer que ellos sean óptimos. Más bien, se espera que se emplee el sitio para informar a varias audiencias acerca de la naturaleza de la investigación y de los vínculos entre la investigación y los programas que han sido desarrollados. Además hay muchos programas comerciales de naturaleza similar que se están vendiendo al público. Nuestra intención ha sido posibilitar vínculos a estos programas, donde sea posible, y cuando ellos han indicado contar con un soporte sustancial. Otra meta es la de fomentar la discusión de los programas que no han sido sometidos a pruebas o que no han logrado cumplir con sus expectativas comerciales.

Mientras muchas de las implicaciones de la investigación cerebral han sido desarrolladas para la educación muy temprana, ya sea anterior a la escolarización formal o en los primeros años de ésta, también hay descubrimientos que pueden tener relación con el desarrollo de habilidades posteriores. Por ejemplo, hay algunas investigaciones que ha pretendido rastrear el desarrollo del sistema visual de formación de palabras desde los cuatro hasta los diez años de edad. Los descubrimientos sugieren que el sistema inicia su desarrollo más bien tarde y que cambia desde un sistema operando principalmente con palabras familiares, a uno que opera según las reglas que gobiernan la ortografía inglesa. Este tipo de estudio tiene importancia para la metodología que podría ser la mejor para adquirir pericia genuina en la habilidad lectora. Otras habilidades tales como la percepción de objetos visuales también parecen indicar que tienen lugar al lograr el acceso a sistemas que pueden haber sido usados anteriormente para otros estímulos. La investigación futura puede ayudar al desarrollo de elevados niveles de pericia para conceptos complejos. La imagenología cerebral puede ayudar al permitirnos determinar cómo una forma dada de práctica influye sobre una parte en particular de la red subyacente a la destreza o habilidad.

Una meta razonable para el sistema basado en la web sería la de sintetizar los ejercicios de lectura, atención y conocimientos básicos de matemáticas hacia el desarrollo de una comprensión mejorada de la documentación científica, incluyendo el peso de la evidencia, la apreciación de gráficos, mapas y de las formulaciones matemáticas, y la comprensión de la comunicación científica. Existe una creencia extendida de que tal conocimiento es importante para el desarrollo de una fuerza de trabajo apropiada para el siglo XXI. Sería una meta valiosa de un currículo que ayude a los niños de todos los países a obtener este tipo de conocimiento de la manera más eficiente posible.

Fuente: Michael I. Posner, Universidad de Oregon, Estados Unidos.

Cuadro 7.7. El Centro de Transferencia de la Neurociencia y el Aprendizaje; Ulm, Alemania

En gran medida, la investigación de la neurociencia es acerca del aprendizaje. Mientras más sepamos acerca de cómo logra aprender el cerebro, más capaces seremos de usar este conocimiento con el fin de mejorar el aprendizaje en cualquier escenario social, desde el preescolar hasta la escuela, el aprendizaje ocupacional, las universidades y la educación continua. Mientras que generalmente se reconoce la importancia de la neurociencia para la educación, los descubrimientos de la investigación básica no pueden ser fácilmente adaptados al aula. Son necesarios pasos intermedios. En 2004, el Centro de Transferencia de la Neurociencia y el Aprendizaje (ZNL, sigla en alemán) fue fundado para implementar estos pasos y llevar a cabo la investigación que vincula el conocimiento de la neurociencia con la manera en que se realiza el aprendizaje y la enseñanza.

En el Centro ZNL se trabaja en la transferencia de conocimiento de la neurociencia a los profesionales de terreno de un equipo multidisciplinario que comprende psicólogos, científicos educacionales, así como también especialistas en las áreas de la medicina, la bioquímica y la lingüística. Debido a que no hay un campo establecido de "ciencia de la transferencia", enfocamos este problema desde varios niveles y respecto de muchos aspectos de la enseñanza y del aprendizaje. En especial los tópicos de la investigación-transferencia incluyen:

La dislexia: ¿De qué manera difieren los niños y adultos disléxicos de otra gente? ¿Hay indicadores tempranos? Desarrollamos el proyecto de Evaluación y Corrección del Habla Mediante Ayuda Computacional (CASPAR, sigla en inglés): una plataforma Internet para la identificación de niños preescolares en riesgo y que ofrece juegos computacionales dedicados a aliviar sus síntomas.

El ejercicio físico y el aprendizaje: El ejercicio físico ayuda al funcionamiento del cerebro. ¿Qué tipo de intervención (ejercicio físico) tiene el mayor impacto sobre la atención y el aprendizaje? ¿En la escuela primaria? ¿En la escuela técnica? Evaluamos programas escolares dedicados a agregar ejercicio físico al día del alumno.

La emoción y el aprendizaje: Nuestro trabajo anterior ha destacado la importancia de las emociones para el aprendizaje. Continuamos con este trabajo y llevamos a cabo más estudios IRMf acerca de la regulación emocional. Además, usamos la medición ambulatoria de la tasa de pulsaciones para entender dónde y cuándo se involucran emocionalmente los niños escolares.

El aprendizaje y la memoria: La enseñanza y el aprendizaje multimodales son vistos por muchos profesores como su estándar de excelencia. Empleando las técnicas neurofisiológicas, investigamos los elementos científicos subyacentes al aprendizaje multimodal para entender los mecanismos operantes. Aún más, evaluamos el impacto de la enseñanza multimodal en el aula.

Consolidación de la memoria: La consolidación de la memoria es un tema de elevada relevancia para el aprendizaje institucional. Investigamos su trasfondo neurofisiológico, usando el IRMf. ¿Cuáles son los efectos de diferentes actividades sobre la consolidación de la memoria dentro del escenario escolar?

La nutrición y el aprendizaje: El cerebro es el "*hardware*" del aprendizaje y del pensamiento, pero es influido por la nutrición. Los datos empíricos sugieren que muchos alumnos escolares se saltan el desayuno y tienen una dieta poco saludable. Investigamos los efectos del desayuno, así como también de los ácidos grasos Omega 3 sobre la atención y el aprendizaje.

Fuente: Zentrum für Neurowissenschaft und Lernen (ZNL), Ulm, Alemania.

Yendo más allá de la fronteras nacionales mediante iniciativas internacionales

Los ejemplos de iniciativas transdisciplinarias y bidireccionales emergentes presentadas hasta ahora son principalmente nacionales en su alcance y éste es un primer paso esencial hacia el desarrollo de la neurociencia educacional. Sin embargo, dado el ímpetu de estas iniciativas emergentes, se está haciendo necesario considerar desplazarse más allá de ellas y desarrollar redes internacionales, cuyas ventajas son triples. En primer lugar, las redes internacionales permiten que las iniciativas nacionales aprendan de mejor manera aquello que los demás están haciendo, especialmente ya que cada iniciativa es operada por parte de una combinación disciplinaria diferente, dentro de ambientes diferentes, y a menudo con un foco diferente. Tal variada experiencia, de ser compartida sistemáticamente, brindaría una base rica de información a la cual cada iniciativa puede tener acceso. En segundo lugar, las redes internacionales permitirían que los esfuerzos investigadores individuales fueran más allá de "aprender de los demás" y que proporcionaran oportunidades para una fertilización recíproca, facilitando de esa manera el surgimiento de nuevas ideas y modelos. Por último, tal red ayudaría a estimular el debate sobre temas éticos que en último término deben ser tratados nacionalmente, pero cuya reflexión habría de beneficiarse del hecho de unir perspectivas diversas. La neurociencia educacional no puede generar un enfoque universal, pedagógico descriptivo, pero puede dar información para la construcción de métodos educacionales dentro de cada contexto cultural. Las prioridades de la investigación pueden variar en los diferentes países, de acuerdo con las metas educacionales, y los resultados pueden interpretarse de manera diferente a través de los distintos lentes culturales. De hecho, no necesariamente toda investigación es transferible a través de las culturas, por ejemplo, consideren el caso de la dislexia, que se manifiesta de maneras diferentes de acuerdo con la estructura ortográfica de cada idioma (ver el Capítulo 4). Es necesario desarrollar investigación en cada país para evaluar la transferibilidad de los resultados. Aún más, el examen de las diferencias interculturales proporciona ideas potentes acerca de las interacciones genes-ambiente. Por lo tanto, los estudios interculturales longitudinales y los estudios de cohorte proporcionan un valioso método de investigación, y la colaboración internacional en la investigación debería fomentarse.

A medida que surja el campo transdisciplinario de la neurociencia educacional, será importante contar con un coordinador internacional. El Centro para la Investigación e Innovación Educacional de la OCDE (CERI) ha cumplido con esta función hasta la fecha, pero otros organismos deberían asumir ahora esta responsabilidad. Los gobiernos de los países miembros pueden asumir un rol activo en la coordinación de las iniciativas de investigación en sus países, tal como lo han hecho los gobiernos japonés y holandés (ver los cuadros 7.8. y 7.9. respectivamente). Desarrollar redes de investigación cohesionadas entre múltiples disciplinas dentro de los países puede facilitar la colaboración inter-países. Las sociedades internacionales, como la recientemente formada Sociedad Internacional Mente, Cerebro y Educación (IMBES, sigla en inglés), pueden coordinar iniciativas en diferentes países (ver el Cuadro 7.1.).

Cuadro 7.8. JST-RISTEX, El Instituto de Ciencia y Tecnología para la Sociedad, Japón

Fundado sobre la comprensión de que la ciencia del cerebro basada en estudios de cohorte es fundamental para entender los mecanismos del desarrollo y del envejecimiento del cerebro, el Instituto de Investigación de la Ciencia y Tecnología para la Sociedad (RISTEX) ha estado expandiendo los programas de ciencia del cerebro iniciados en 2001 para incluir estudios de cohorte desde el 2004 en adelante. A continuación se describen brevemente siete estudios de cohorte en curso:

1. *Proyecto Cohorte de Gemelos de Tokio (ToTCoP)*: La meta de este proyecto es descubrir los factores genéticos y epigenéticos (similares a ambientales) que afectan el desarrollo: el temperamento, las destrezas motoras, las habilidades cognitivo-lingüísticas y otros rasgos del comportamiento, durante las etapas tempranas del desarrollo humano. Este proyecto, basado en un estudio longitudinal de cinco años con gemelos (con alrededor de mil pares) entre la infancia y la niñez, se espera que aclare la contribución relativa de los factores genéticos y ambientales, así como también la interacción de ellos.
2. *Estudios de cohorte de los desórdenes del espectro del autismo*: La meta de este estudio de cohorte es la de explorar los orígenes sociales del desarrollo típico y atípico entre los niños. Esto se lleva a cabo investigando la patogénesis y variabilidad en las manifestaciones basadas en los datos acerca del desarrollo del comportamiento y las correspondientes redes neuronales. Se espera que este proyecto contribuya a la detección e intervención temprana para los niños con desórdenes del espectro del autismo (ASD, sigla en inglés), y a una comprensión de las variaciones en el desarrollo social que podrían ayudar en proporcionar una solución a los problemas actuales en el ambiente escolar.
3. *Estudios de cohorte de las funciones cerebrales más elevadas de adultos normales y de niños con trastornos del aprendizaje*: la meta amplia es la de abordar una de la dificultades que están emergiendo en una sociedad con baja tasa de fertilidad, que se envejece cada vez más. Esto se lleva a cabo analizando los temas, incluyendo los métodos antienvejecimiento, para mantener y mejorar las funciones cerebrales en los ancianos, y métodos de intervención para desarrollar funciones cerebrales saludables en los niños con trastornos del aprendizaje.
4. *Estudios de cohorte sobre la adquisición del lenguaje, la especialización cerebral y la educación del lenguaje*: La meta de estos estudios es triple. La primera es investigar los mecanismos de la adquisición del primer y segundo idioma en relación con la especialización cerebral y la plasticidad funcional del cerebro. La segunda es identificar el(los) "período(s) sensible(s)" para el aprendizaje de un segundo idioma. La tercera es proponer una pauta cognitiva basada en la neurociencia para el aprendizaje y la educación de un segundo idioma, especialmente el inglés, incluyendo las condiciones y edades óptimas. Para este fin, se han desarrollado estudios de cohorte para tres poblaciones distintas: *a)* parlantes nativos del inglés que hayan aprendido el japonés; *b)* parlantes nativos del japonés que hayan aprendido un idioma extranjero en Japón; y *c)* parlantes nativos del japonés entre las edades de 2 a 5 años.
5. *Desarrollo de una nueva herramienta biomédica para la salud mental estudiantil*: Este estudio desarrolla una nueva herramienta biomédica con el fin de medir fácil y objetivamente la respuesta al estrés. Esto se realiza adaptando un análisis de rendimiento elevado de la expresión genética mediante microselección, que tiene la ventaja potencial de estudiar respuestas complejas al estrés.
6. *Estudio de cohorte sobre la motivación para el aprendizaje y para la eficiencia del aprendizaje empleando la neuroimagen funcional*: Este estudio de cohorte explora los mecanismos cerebrales relevantes a la motivación del aprendizaje entre los niños y adultos. Esto se lleva a cabo analizando la base neuronal para la motivación usando IRM funcional, midiendo simultáneamente la cantidad de fatiga experimentada por los sujetos durante tareas de aprendizaje motivacional. Este estudio también mira hacia los aspectos genéticos y ambientales entre niños con trastornos del aprendizaje, para evaluar si su problema radica en los mecanismos de la motivación. El principal objetivo de este estudio es desarrollar y/o proponer métodos de aprendizaje de elevada eficiencia, manteniendo un elevado nivel de motivación y reduciendo la fatiga durante el proceso del aprendizaje.
7. *El Estudio de los Niño Japoneses (JCS, sigla en inglés)*: Este estudio dilucida los mecanismos de desarrollo detrás de la "sociabilidad" o de las "habilidades sociales" e identifica factores que hacen que un ambiente sustentador sea el adecuado o inadecuado para los bebés y niños. Se utilizarán estudios de cohorte para probar los descubrimientos sobre desarrollo social, de estudios de laboratorio previos a nivel de la población. Simultáneamente serán lanzados varios tipos de cohortes preliminares al mismo tiempo: estudios de cohortes infantiles partiendo desde los cuatro meses de edad y un estudio de cohortes preescolares partiendo desde los cinco meses de edad, por ejemplo. Los resultados obtenidos a partir de estos estudios de cohorte preliminares llevados a cabo en alrededor de 500 niños a lo largo de varios años, habrán de incorporar información invaluable para futuros estudios de cohorte a gran escala.

Estos estudios de cohorte basados en el concepto de "Ciencia del Cerebro y Educación" probablemente tendrán tres implicaciones importantes:

- Adquisición y presentación de evidencia científica para la formulación de políticas, especialmente en la educación.
- Proporcionar evaluación de los efectos potenciales de las nuevas tecnología en los bebés, niños y en adolescentes.
- Proporcionar evaluación de la aplicabilidad de las hipótesis extraídas a partir de los estudios de casos animales y genéticos a los humanos.

Por último, a partir de una analogía del concepto de evaluación ambiental que surgió en los ochenta, la sociedad tomó conciencia de la necesidad de evaluar el impacto ambiental de la ciencia y de la tecnología. Además, los cambios drásticos de nuestra sociedad pueden estar ocasionando problemas sociológicos y psicológicos. También puede ser esencial una evaluación ambiental desde un aspecto metafísico si vamos a dejar como legado una sociedad sustentable a las generaciones futuras.

Fuente: Hideaki Koizumi, JST-RISTEX

Cuadro 7.9. Los proyectos de neurociencia educacional en los Países Bajos

A fines de 2002 el Consejo Científico Holandés (NWO) en consulta con el Ministerio Holandés de Educación, Cultura y Ciencia, establecieron el Comité del Cerebro y el Aprendizaje. Éste habría de acometer iniciativas para estimular un intercambio activo entre los científicos del cerebro, los científicos cognitivos, los científicos educacionales y la práctica de la educación. La iniciativa ha llevado a dos actividades principales que han sido muy influyentes.

La primera actividad fue la así llamada Semana de Cerebro y del Aprendizaje organizada en febrero de 2004 con el título de *Aprendiendo a Conocer el Cerebro*. La actividad eje fue una conferencia, asistencia con invitación, para 45 líderes de opinión. También hubo un simposio científico internacional y un simposio para profesionales educacionales y para el público lego. El propósito de esta conferencia fue identificar dificultades, obstáculos y metas concretas para la innovación de la educación, basadas en las percepciones de la neurociencia y de la ciencia cognitiva. Los participantes de las instituciones científicas, educativas y de la sociedad se reunieron en talleres y discusiones plenarias. Ellos llegaron a consensos respecto de las principales rutas a seguir, y en una "Agenda para el Futuro" fueron unánimes respecto de la declaración: "Sí, el tiempo está maduro para un intercambio activo entre las diferentes disciplinas y dominios".

La segunda actividad fue la producción de un libro titulado *Aprendiendo a conocer el cerebro* (mayo 2005). Esto describe el consenso al cual se llegó en esta conferencia sobre los temas principales, tales como: "Diferencias individuales", "Aprendiendo durante la adolescencia", "Las matemáticas", "Los procesos motivacionales", "Los procesos del aprendizaje" y "El aprendizaje adulto". Además se hicieron recomendaciones para el desarrollo del tema en la forma de veinte propuestas (para ser descargadas desde *www.jellejolles.nl*).

Ambos, el libro y la conferencia han tenido un gran impacto. Para el otoño de 2006 se pudo ver progreso concreto en tres niveles: Respecto del nivel de los científicos y de las instituciones científicas (NWO), se ha formado una Iniciativa Nacional multidisciplinaría y multidimensional sobre el Cerebro y la Cognición a través de los dominios científicos. La ambición es la de convertirse en una así llamada Iniciativa Nacional de Investigación (NRI, sigla en ingles, INI en castellano) con un presupuesto total de 290 millones de euros. El dominio del cerebro, el aprendizaje y la educación –"La Mente que Aprende"– es uno de los tres temas centrales de la INI junto a "La Mente Saludable" y "La Mente que Trabaja".

En cuanto al nivel del Ministerio de Educación y de las instituciones involucradas en el desarrollo educacional, el Ministerio organizó una conferencia de trabajo sobre el tema para junio de 2006. Basado en el consenso al cual se llegó, varias instituciones y organizaciones que tienen el "desarrollo e innovación de la educación" como su tarea, se han tornado activas en el campo y ahora buscan las mejores rutas para seguir.

Respecto del nivel de organizaciones de profesionales de aula y de las escuelas, el tema parece "estar vivo": hoy en día se organizan talleres, disertaciones, congresos en todo el país para varias organizaciones, para profesores y para instituciones escolares. Se ha dado inicio llevando a cabo intervenciones educacionales basadas en la evidencia en el escenario escolar en colaboración entre la Universidad y la Escuela.

En resumen: el tema "El cerebro, el aprendizaje y la educación" es reconocido como uno muy importante en Holanda. Existe optimismo respecto de la posibilidad de movilizar los recursos financieros necesarios, y para "cerrar las brechas" entre el campo educacional y la ciencia. Se considera esencial que los representantes de los diferentes dominios escuchen el lenguaje de los otros. El progreso en Holanda está directamente relacionado con la iniciativa de la OCDE/CERI "La ciencias del aprendizaje y el cerebro".

Fuente: Jellemer Joles, Universidad de Maastricht, Holanda.

Precauciones y limitaciones

Si bien la neurociencia puede proveer valiosas ideas acerca del aprendizaje, es importante reconocer sus limitaciones. Los educadores deberían ser cautelosos al transferir los resultados desde escenarios controlados en laboratorio a un aula compleja. En la medida que se desarrolle la neurociencia educativa, es probable que los neurocientíficos modifiquen las tareas de la investigación de manera que sean más representativas de los escenarios educacionales complejos. Además, deberían adoptarse políticas impulsadas por la investigación, mediante la implementación de ensayos educacionales en los cuales se analizara sistemáticamente la eficacia de estas políticas. Esta integración recíproca de la investigación y de la práctica buscaría asegurar la validez de las prácticas basadas en la investigación.

Las implicaciones educacionales de los resultados de la neurociencia son condicionales a los valores y las metas de cada comunidad que aprende. Por ejemplo, aunque la neurociencia sugiere que aprender un idioma en la etapa primaria es más probable que sea eficiente y efectivo que en la escuela secundaria (ver los capítulos 2 y 4), esto no implica necesariamente que todas las escuelas deberían enseñar un lenguaje extranjero en la escuela primaria. Si el valor relativo que se da al aprendizaje de un idioma extranjero es menor que aquel dado a otras habilidades sensibles a la edad en ciertas comunidades de aprendizaje, la prioridad la tendrían las últimas. Acomodar cómo funciona el cerebro es sólo uno de los factores que deben ser tomados en cuenta al construir programas educacionales y de enseñanza. La neurociencia es una herramienta con fortalezas y debilidades específicas, que es muy útil para enfrentar ciertas preguntas, pero relativamente inefectiva para otras. Por ejemplo, la neurociencia puede abordar la cuestión de cuándo un idioma extranjero puede aprenderse con más facilidad, pero no es tan útil para contestar cuáles idiomas extranjeros deberían enseñarse.

En el desarrollo de un enfoque transdisciplinario para el diseño de políticas educacionales, es importante tener en claro el propósito del desarrollo del conocimiento neurocientífico. No puede generar un enfoque pedagógico prescriptivo universal, pero puede dar información que ilumine la construcción de programas pedagógicos y educacionales dentro de cada contexto. La política educacional informada por la neurobiología

simplemente no puede ser impuesta a las escuelas –las implicaciones educacionales de cualquier línea de investigación deben involucrarse en una interacción sinérgica con cada comunidad educacional, de manera tal que se desarrolle la política apropiada para cada cultura–. Por lo tanto, el conocimiento neurocientífico necesita estar disponible ampliamente para aquellos involucrados en el diseño de políticas educacionales, con el fin de que puedan emplear esta información para construir políticas apropiadas para cada cultura escolar. Una vez implementada, necesitarían examinar sistemáticamente la eficacia de tal política.

Bibliografía

Bruer, J. (1993), "Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom", MIT Press.

Calvino, B. (2003), "Les médicaments du cerveau", *Graines de Sciences*, vol. 5 (obra colectiva), Le Pommier, pp. 111-134.

Gardner, H. (1983), *Frames of Mind: Theory of Multiple Intelligences*, Basic Books.

Gardner, H. (2000), *Intelligence Reframed: Multiple Intelligences for the 21st Century*, Basic Books.

Guillot, A. (2005), "La bionique", *Graines de Sciences*, vol. 7 (obra colectiva), Le Pommier, pp. 93-118.

INSERM expertise collective (2005), "Troubles de conduites chez l'enfant et l'adolescent", Éditions INSERM.

Koizumi, H. (1999), "A Practical Approach to Transdisciplinary Studies for the 21st Century – The Centennial of the Discovery of the Radium by the Curies", *J. Seizon and Life Sci.*, vol. 9, pp. 19-20.

Kramer, P.D. (1997), *Listening to Prozac: The Landmark Book about Antidepressants and the Remaking of the Self*, Penguin Books, Nueva York.

OECD (2002), "Learning Seen from a Neuroscientific Approach", *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*, OCDE, París, pp. 69-77.

OECD (2004), Learning for Tomorrow's World – First Results from PISA 2003, OCDE, París, pp. 95-99, *www.pisa.oecd.org*.

Talan, J. (2005), "Rethinking What May Look Like a Normal Brain", *www.newsday.com*, 1 de febrero.

Conclusiones y perspectivas futuras

No es bueno tratar de detener el avance del conocimiento. La ignorancia nunca es mejor que el conocimiento.
Enrico Fermi

Con este capítulo concluye la primera parte de este Informe. Aquí se reúnen mensajes clave y consecuencias potenciales para políticas, que muestran cómo la investigación neurocientífica ya está contribuyendo con las políticas y prácticas de educación y aprendizaje.

Los temas tratados incluyen: discusiones acerca del aprendizaje a lo largo de la vida, la vejez, enfoque holístico de la educación, la naturaleza de la adolescencia, edades para formas particulares de aprendizaje y el currículo, estudios sobre las tres "d" (dislexia, discalculia y demencia), evaluación y detalles sobre selección, en los cuales la neurociencia podría aumentar su participación.

El capítulo también destaca áreas que han surgido de los diferentes capítulos de este Informe y que requieren de una mayor investigación neurocientífica educacional.

Después de siete años de una actividad pionera en las ciencias del aprendizaje, sería tentador, por un lado exagerar los postulados que pueden ser presentados, pero también fácil esconderse detrás de la petición de que se necesita mayor investigación antes de que podamos lograr cualesquiera conclusiones. Con respecto a lo último, es evidente que es necesaria más investigación, y a continuación se sugieren algunas líneas clave para ella. Con respecto a lo primero, este último capítulo en gran parte se abstiene de recomendaciones específicas. El campo es todavía demasiado nuevo y las conexiones entre la neurociencia y la educación son demasiado complejas para que esto sea justificado. Hay pocas instancias donde los descubrimientos neurocientíficos, si bien ricos en lo intelectual y prometedores para el futuro, pueden ser usados categóricamente para justificar recomendaciones específicas de políticas o prácticas. Sin duda, uno de los mensajes de esta actividad, ya entregado en el 2002, en el Informe: *La comprensión del cerebro: hacia una nueva ciencia del aprendizaje*, es que debemos estar alertas a enfoques simplistas o reduccionistas, los cuales pueden llegar a los titulares u ofrecer oportunidades lucrativas, pero son una distorsión de la base de conocimiento.

Este capítulo reúne los temas centrales y las conclusiones de los análisis precedentes. Es posible ofrecer algunas proposiciones generales o desafíos, los cuales pueden abrir y refrescar el debate sobre la forma futura y el carácter de nuestros sistemas de educación. Si somos testigos del nacimiento de una ciencia del aprendizaje, nuevas ideas y evidencias surgirán rápidamente y transformarán el panorama actual. No necesitamos esperar esa investigación; parte de la misión del CERI ha sido siempre ayudar a los países miembros de la OCDE a pensar sus agendas futuras. Las conclusiones están formuladas en un alto nivel de generalidad, precisamente para dar el ímpetu necesario para llevar a cabo el análisis a través de un amplio terreno planificado en los capítulos anteriores.

Mensajes clave y conclusiones

> Las revoluciones científicas más importantes incluyen, como un único elemento común, el destronamiento de la arrogancia humana de un pedestal tras otro, cuyas convicciones previas eran nuestra centralidad en el cosmos.
>
> *Stephens Jay Gould*

La neurociencia educacional está generando un nuevo conocimiento muy valioso para las políticas y las prácticas educacionales.

El recorrido de este volumen –desde el aprendizaje que tiene lugar en los primeros años de la infancia atravesando el de la vejez, desde el conocimiento relacionado con áreas específicas al de lo concerniente con las emociones y la motivación, desde las acciones reparadoras para niños con dificultades de aprendizaje hasta una mayor comprensión general del aprendizaje– muestra cuán amplio es el rango de la contribución que la neurociencia puede tener en las políticas y prácticas educacionales. Se ha mostrado que la contribución de la neurociencia a la educación asume diferentes formas.

En muchas preguntas, la neurociencia construye sobre las conclusiones del conocimiento existente de otras fuentes, tales como los estudios sicológicos, la observación de clases o estudios sobre rendimiento. Los ejemplos comentados en este volumen –como el rol de la dieta para mejorar el desempeño educacional, la turbulencia de la pubertad, o que la confianza y la motivación pueden ser críticas para el éxito educacional–

no son nuevos. Sin embargo, la contribución de la neurociencia es importante incluso para resultados ya conocidos, debido a que:

- está facilitando la comprensión de la "causalidad" y no solamente de la "correlación", y removiendo cuestiones importantes del ámbito intuitivo o ideológico al de la evidencia;
- al revelar los mecanismos a través de los cuales se producen los efectos, puede *ayudar a identificar intervenciones efectivas y soluciones*.

En otras materias, la neurociencia está *generando nuevo conocimiento, está abriendo nuevas avenidas*. Sin comprender al cerebro, por ejemplo, no podría ser posible conocer los diferentes patrones de actividad cerebral asociados con los participantes expertos comparados con los de los novatos (como un medio para entender la comprehensión y el dominio), o cómo el aprendizaje puede ser una respuesta efectiva a la declinación del envejecimiento, o por qué ciertas dificultades de aprendizaje son aparentes en algunos estudiantes incluso cuando éstos parecen estar arreglándoselas bien con otras demandas educacionales.

A estas dos contribuciones clave se puede agregar una tercera: la de *disipar los neuromitos*. Esas distorsiones analizadas en detalle en el Capítulo 6, corren el riesgo de distraer la práctica educacional seria, con soluciones de moda, sacadas de las estanterías del quiosco de libros de la terminal del aeropuerto.

Otro conjunto de contribuciones clave distintivas de la neurociencia a la educación son:

* Investigaciones que están *profundizando la base de conocimiento de lo que constituye el aprendizaje* como un aspecto central de la vida social y humana, y de maneras que cruzan transversalmente los diferentes dispositivos llamados "educación".
* La neurociencia está desarrollando los medios para *revelar características hasta ahora ocultas en los individuos*, las cuales pueden ser usadas con propósitos reparadores –para superar, por ejemplo, problemas de lectura o discalculia–. Eventualmente, también pueden ser empleadas para seleccionar, para mejorar el rendimiento o para excluir, provocando una tormenta de controvertidos problemas éticos como los discutidos en el Capítulo 7.
* Es, junto con otras disciplinas, capaz de *informar cómo diseñar y ordenar mejor las diferentes prácticas educacionales*, especialmente en

lo relacionado, por un lado, con la combinación de los hallazgos respecto a cómo se aprende mejor y cuándo, y, por otro, con cómo está organizada convencionalmente la educación. Otro tema es si ahora se actúa lo suficiente respecto a este conocimiento.

La investigación sobre el cerebro entrega importantes evidencias neurológicas para apoyar el objetivo general del aprendizaje continuo, y confirma los amplios beneficios del aprendizaje, en especial para las poblaciones que envejecen.

Uno de los más poderosos conjuntos de hallazgos relacionado con el aprendizaje está relacionado con la extraordinaria propiedad de "plasticidad" del cerebro –para adaptarse, para crecer en relación con las necesidades y prácticas experimentadas, y para podarse a sí mismo cuando las partes se hacen innecesarias– actividad que continúa a través de toda nuestra vida, llegando hasta edades mucho más avanzadas de las que se habían imaginado antes. Las exigencias hechas a los individuos y a su aprendizaje son claves para esta plasticidad: mientras más se aprende, más se puede aprender. Lejos de apoyar las nociones edadistas que dicen que la educación es mejor concentrarla en la juventud –sin desmerecer la poderosa capacidad de aprendizaje de la gente joven– la neurociencia ha mostrado que *el aprendizaje es una actividad que se lleva a cabo a lo largo de toda la vida, y mientras más continúe, más efectiva es*.

Así como han aumentado las demandas por tener una base con evidencias en la cual sustentar las políticas y las prácticas, así también ha llegado a ser incluso más importante ampliar la comprensión de los "amplios beneficios" de la educación, más allá de los criterios económicos, los cuales tan a menudo dominan los análisis de costo y beneficio de las políticas. Hay una evidencia creciente que muestra, por ejemplo, que la participación educacional puede tener poderosos beneficios en términos de salud o de participación cívica (ver también el trabajo del CERI en "Logros sociales del aprendizaje"). Este informe apoya los argumentos acerca de los amplios beneficios del aprendizaje: el enorme y costoso problema que representa la demencia senil en las poblaciones que envejecen permanentemente, y que puede ser enfrentado mediante intervenciones de aprendizaje que han sido identificadas a través de la neurociencia.

Combinaciones de diagnósticos mejorados, oportunidades de ejercicio, tratamiento farmacológico validado y apropiado, y una buena intervención educacional pueden hacer mucho para mantener un bienestar positivo y prevenir el deterioro.

Necesitamos enfoques holísticos basados en la interdependencia de la mente y el cuerpo, lo emocional y lo cognitivo.

Con un foco tan potente en el desempeño cognitivo –en los países y en lo internacional– existe el riesgo de desarrollar una comprensión estrecha de cuál es la finalidad de la educación. Lejos de focalizarse en el cerebro, reforzando un sesgo en exclusivo cognitivo, centrado en el desempeño, actualmente se sugiere la necesidad de un enfoque holístico que reconozca la estrecha interdependencia del bienestar físico con el intelectual, y la estrecha interacción de lo emocional y lo cognitivo, lo analítico y las artes creativas.

Las formas en que los beneficios de una buena dieta, ejercicio y sueño impactan el aprendizaje, son comprendidas en forma creciente a través de sus beneficios en el cerebro. Para las personas mayores, un involucramiento cognitivo (como jugar ajedrez o completar crucigramas), el ejercicio físico regular y una vida social activa, promueven el aprendizaje y pueden demorar la degeneración de un cerebro que envejece (ver Capítulo 2).

El análisis de este informe muestra no sólo cómo las emociones juegan un rol clave en el funcionamiento del cerebro, sino también los procesos por los cuales las emociones afectan a todas las otras. En especial importante para los propósitos educacionales es el análisis del miedo y el estrés, el cual muestra cómo ellos, por ejemplo, reducen la capacidad analítica, y por el contrario, como las emociones positivas pueden abrir puertas dentro del cerebro.

Esto es tan relevante para el estudiante adulto confrontado con un incómodo posible retorno a la educación, como para la persona joven confrontada por demandas desconocidas en la educación secundaria o superior. Tiene una dimensión de equidad, por miedo al fracaso, falta de confianza, y problemas como la "ansiedad matemática" (capítulos 3 y 5). Además es

probable que sean encontradas en una medida significativamente mayor entre aquellos pertenecientes a medio ambientes más desfavorecidos.

Necesitamos comprender mejor porqué la adolescencia es (de alta potencia y deficiente conducción).

Este informe es particularmente revelador acerca de la naturaleza de la adolescencia en términos de las etapas de desarrollo del cerebro en los años de la adolescencia, y, sobre todo, en términos de su maduración emocional.

Las ideas entregadas por la neurociencia sobre la adolescencia y los cambios que tienen lugar durante los años de su desarrollo son especialmente importantes ya que éste es el período cuando ocurren tantas cosas en la carrera educacional del individuo. La segunda fase de la educación se realiza de manera convencional durante este período, con decisiones clave que deben ser tomadas con consecuencias de largo alcance en relación con opciones personales, educacionales y profesionales. Durante este tiempo, los jóvenes están en el medio de su adolescencia, con una capacidad cognitiva bien desarrollada (alta potencia) pero con inmadurez emocional (deficiente conducción).

Es claro que esto no puede implicar que las opciones importantes deban simplemente ser pospuestas hasta la madurez. Sugiere, con el poderoso peso adicional de la evidencia neurológica, que las opciones tomadas, no debieran adquirir la forma de puertas que se cierran de manera definitiva. Se necesita tener una fuerte diferenciación de futuras oportunidades de aprendizaje (formales e informales) y un mayor reconocimiento de las trayectorias de maduración del adolescente.

La neurociencia también ha desarrollado el concepto clave de "regulación emocional". El manejo de las emociones es una de las habilidades clave para ser un aprendiz efectivo. La regulación emocional afecta factores complejos tales como la habilidad de focalizar la atención, resolver problemas y mantener relaciones. Dada "la poca capacidad de conducción" del adolescente y el valor de fomentar la madurez emocional de la gente joven en esta etapa clave, podría ser fructífero considerar cómo esto podría introducirse en el currículo, y desarrollar programas para hacerlo.

*Necesitamos considerar el tiempo óptimo [*timing*] y la periodicidad para resolver materias curriculares.*

El trabajo de sicólogos como Piaget ha influido por largo tiempo en nuestra comprensión del aprendizaje vinculado con el desarrollo individual. La neurociencia educacional ahora está permitiendo la calificación de los modelos piagetianos (incluyendo la demostración de las capacidades que ya poseen los niños pequeños), a la vez que amplía la comprensión de los tiempos óptimos para el aprendizaje mediante el estudio de los períodos "sensibles".

El mensaje que surge de este informe tiene significados atenuados: no hay "períodos críticos" cuando *debe* llevarse a cabo el aprendizaje y sin duda la comprensión neurocientífica de la "plasticidad" a lo largo de la vida muestra que las personas están siempre abiertas a nuevos aprendizajes. Por otro lado, ha entregado precisión a la noción de "períodos sensibles", las edades cuando los individuos están particularmente listos para involucrarse en actividades de aprendizaje específicas.

El ejemplo del aprendizaje del lenguaje se ha destacado de forma prominente en este informe, y es un tema clave en un mundo cada vez más globalizado. En general, mientras más luego comience la enseñanza de una lengua extranjera, más eficiente y eficaz puede ser. Ese aprendizaje muestra patrones distintivos de la actividad cerebral en los niños pequeños, comparado con niños en edad escolar y con adultos: en la adultez se activan más áreas del cerebro y el aprendizaje es menos eficiente. Sin embargo, los adultos están perfectamente capacitados para el aprendizaje de un nuevo idioma.

Este informe también ha disipado los mitos acerca de los peligros en cuanto a que el aprendizaje políglota interfiera con las competencias del idioma materno; por el contrario, los niños que aprenden otro idioma refuerzan sus competencias en su idioma materno.

Hay importantes cuestiones que surgen para la educación. Estos hallazgos profundizan las bases sobre las cuales proponer preguntas acerca de cuándo, a lo largo de nuestra vida, sería mejor emprender ciertos tipos de aprendizaje, basados en la evidencia y no en la tradición. Ellos apoyan la importancia de establecer cimientos sólidos para el aprendizaje continuo, y por eso enfatizan el rol clave de la educación en la infancia

temprana, como la base para la escolarización, no como un fin en sí mismo sino para entregar el mejor comienzo posible.

Al mismo tiempo, este informe (Capítulo 6) ha advertido contra *un exagerado énfasis* en la importancia determinante que la edad, desde el nacimiento hasta los tres años, tenga en el aprendizaje futuro.

La neurociencia puede hacer una contribución clave a los desafíos importantes del aprendizaje.

La contribución que la neurociencia ya está haciendo al diagnóstico e identificación de las intervenciones eficaces es más evidente en el campo de lo que puede ser llamado las tres "d": dislexia, discalculia y demencia.

Dislexia: Hasta hace poco las causas de la dislexia eran desconocidas, pero ahora se entiende que es el resultado principalmente de características atípicas de la corteza auditiva (y quizás, en algunos casos, de la corteza visual). Sólo en tiempos recientes ha sido posible identificar esas características a una edad muy temprana. Las intervenciones tempranas por lo general son más exitosas que las tardías, pero ambas son posibles.

Discalculia: Ahora se entiende que tiene causas comparables a la dislexia, aunque está menos desarrollada la identificación temprana y, por lo tanto, las intervenciones.

Demencia: Ya se han mencionado anteriormente los descubrimientos muy significativos acerca del aprendizaje y la demencia, y la educación ha sido identificada como una fuente eficaz y deseable de "prevención", entre otras cosas, para el retraso del surgimiento de los síntomas de Alzheimer y para reducir su gravedad.

En un nivel más general de comprensión de la alfabetización (Capítulo 4) la importancia dual del proceso fonológico y del semántico directo durante la lectura en inglés sugiere que un enfoque equilibrado de la alfabetización puede ser más efectivo para los idiomas alfabéticamente superficiales. En cuanto a las ortografías superficiales, la neurociencia parece confirmar la conveniencia del "método silábico" para aprender a leer, y existe un interesante potencial para ser explorado en las comparaciones entre los idiomas alfabéticos y no alfabéticos en el aprendizaje de la lectura.

En cuanto a los conocimientos básicos de matemáticas (Capítulo 5), debido a que los humanos nacen con una inclinación biológica a comprender el mundo a partir de los números, la instrucción matemática formal debiera construirse sobre las comprensiones numéricas informales ya existentes. Debido a que el número y el espacio están estrechamente vinculados en el cerebro, los métodos de instrucción que asocian los números con el espacio constituyen poderosas herramientas de enseñanza.

Evaluaciones más personalizadas para mejorar el aprendizaje, ni seleccionar ni excluir.

El potencial de la imagenología del cerebro puede tener consecuencias de largo alcance para la educación, al mismo tiempo que destacar temas éticos críticos. El conocimiento acerca de cómo funciona el cerebro y acerca de cómo las competencias y el dominio se reflejan en las estructuras y los procesos del cerebro puede ser aplicado a un *nivel general del sistema* y cuestionar las disposiciones y prácticas educacionales convencionales, para preguntar si las hemos organizado para alcanzar el aprendizaje óptimo. Muchas formas convencionales de evaluación, donde el éxito puede aumentarse por un aprendizaje a presión [*cramming*], han demostrado ser "poco amistosas para el cerebro" y se obtiene una baja retención de lo aprendido.

Pero más allá de estos descubrimientos generales, los resultados de la neurociencia también pueden ser aplicados circunstancialmente *a aprendices individuales* para descubrir asuntos tales como si ellos entendieron realmente ciertos contenidos, o acerca de sus niveles de motivación y ansiedad. Usado de manera apropiada, este foco individual puede agregar herramientas de diagnóstico fundamentalmente poderosas al proceso de evaluación formativa y de aprendizaje personalizado (OECD, 2005).

Esto se relaciona con la búsqueda, en cierto número de países, de una mayor "personalización" del currículo y de las prácticas educacionales (OECD, 2006). La neuroimagenología ofrece en potencia un poderoso mecanismo adicional sobre el cual basar la personalización. Al mismo tiempo, estudios del cerebro muestran que las características individuales están lejos de ser fijas: hay una constante interacción entre la función genética, la experiencia y la plasticidad, por lo que la noción de lo que constituyen las capacidades de una persona debe ser tratada con cautela.

Pero, desde otro punto de vista, estas aplicaciones individuales de la neuroimagenología pueden también conducir a dispositivos, incluso más poderosos, de selección y exclusión que los que existen actualmente. Un *curriculum vitae* biológico estaría expuesto a riesgos profundos, y, al mismo tiempo, ser potencialmente atractivo para usuarios como las universidades y los empleadores. Sería el abuso de las herramientas valiosas de la neuroimagenología, si éstas fueran usadas de manera negativa para rechazar a los estudiantes o candidatos, sobre la base de que ellos no muestran suficiente capacidad de aprendizaje o de potencial (en especial cuando la plasticidad del cerebro muestra cuán abierta al desarrollo es la capacidad de aprendizaje). La concepción excesivamente "científica" de la educación, descrita en el Capítulo 7 –usada como base para seleccionar igualmente alumnos y profesores– sería rechazada por muchos.

Áreas clave para más investigación neurocientífica educacional

Si valoramos la búsqueda del conocimiento,
debemos ser libres para seguir dondequiera que esta búsqueda
nos pueda llevar.
Adlai E. Stevenson Jr.

Las áreas de investigación mencionadas a continuación no pretenden ser exhaustivas con respecto a los interesantes campos de investigación neurocientífica educacional; en cambio, ellas han surgido como áreas prioritarias del análisis de esta investigación. Algunas representan la necesidad de profundizar el conocimiento donde por el momento nuestra comprensión es parcial.

También se trata de establecer una agenda educacional para la neurociencia, así como la agenda médica, la cual ha tendido naturalmente a dominar hasta ahora. Es importante para la comunidad neurocientífica darse cuenta de cuán valiosas son sus contribuciones para una mejor comprensión de las claves de la actividad humana del aprendizaje con propósitos educacionales, debido a que se aplica a todos –tanto a los superdotados como a los discapacitados, desde los jóvenes hasta los viejos– y no sólo a aquellos que requieren ayuda adicional.

*Una mejor comprensión del momento oportuno óptimo para las diversas formas de aprendizaje, especialmente en relación con la adolescencia y con los adultos mayores, donde la investigación muestra que el conocimiento base no está aún bien desarrollado (Capítulo 2). Esto incluye los "períodos sensibles" –cuando la capacidad para aprender es óptima– en áreas específicas tales como el aprendizaje del lenguaje.

*Comprender la interacción entre el incremento del conocimiento y la declinación de la función ejecutiva y la memoria. Más investigación acerca del proceso de envejecimiento y no solamente de los ancianos, sino también de los adultos en edad madura –ambos, en términos de su capacidad para aprender y en términos del rol del aprendizaje para demorar los efectos nocivos del envejecimiento–.

*Mucho se necesita saber acerca de las emociones en el cerebro. Se precisan más investigaciones, que usen los estudios sicológicos y de neuroimagenología, de los mecanismos neurobiológicos que subyacen en el impacto del estrés sobre el aprendizaje y la memoria, y de los factores que pueden reducir o regularlos. Una pregunta específica para mayor investigación es cómo el cerebro emocional del adolescente interactúa con diferentes tipos de ambientes y en distintas aulas.

*Una mayor comprensión de cómo las condiciones de laboratorio influyen en los resultados, y respecto a la aplicabilidad y transferibilidad de los resultados en ambientes diferentes de aquellos en los cuales fueron generados. Se necesita analizar el rol clave de los materiales de aprendizaje apropiados y los ambientes específicos, para avanzar desde las formulaciones básicas que cuestionan si el ambiente produce o no una diferencia.

*Estudios confirmatorios que muestren cómo una nutrición beneficiosa puede impactar de manera positiva en el desarrollo del cerebro, y más estudios directamente relacionados con el campo de la educación. Lo mismo aplica para el ejercicio físico, el sueño, la música y la expresión creativa.

*Mucho más se necesita saber acerca de qué tipos de aprendizaje requieren la interacción de otros y acerca del rol de las diferencias culturales. Esto debería ser desglosado en términos de las diferencias demográficas

(sobre todo el género) y socioculturales de los estudiantes, pero es también un terreno propicio para malas interpretaciones. La neurociencia, sin duda, no debería ser puesta al servicio del racismo o de estereotipos sexistas.

*La investigación puede llevar a una mayor comprensión de los caminos multidimensionales de las competencias, por ejemplo, en la lectura, y la necesidad de expandir el foco a las situaciones y aplicaciones educacionales del mundo real; por ejemplo al emplear frases completas mejor que palabras sueltas o caracteres.

*Sería muy útil avanzar en la construcción de un mapa diferenciado de las matemáticas en el cerebro, el cual se construye, por un lado, sobre las ideas ya obtenidas de la aparentemente paradójica combinación de destrezas y funciones disociables del cerebro, y por otro, de la interconectividad. La identificación de enfoques para superar la "ansiedad matemática" sería muy útil.

*Entender las diferentes actividades cerebrales –redes neuronales, rol de la función cognitiva y de la memoria– de los "expertos" en comparación con los estudiantes promedio y comparados con aquellos con problemas genuinos. Esto iluminará tanto la identificación del aprendizaje exitoso como de los métodos de enseñanza efectivos y focalizados.

El nacimiento de una ciencia del aprendizaje

Los avances recientes en la neurociencia han producido ideas potentes, mientras que la investigación educacional ha acumulado un conocimiento base sustancial. Una perspectiva neurocientífica agrega una dimensión nueva e importante al estudio del aprendizaje en la educación, y el conocimiento educacional puede ayudar a dirigir la investigación neurocientífica hacia áreas más relevantes. Sin embargo, debido a que ambos campos están bien desarrollados, están profundamente enraizados en culturas disciplinarias con métodos y lenguajes específicos para cada campo, lo que hace en extremo difícil para los expertos de un campo usar el conocimiento del otro. Se necesita una nueva transdisciplinariedad, la que pueda reunir las diferentes comunidades y perspectivas. Ésta necesita ser una relación recíproca, análoga a la relación entre la medicina y la biología, para apoyar el flujo continuo y bidireccional

de información necesaria para apoyar la práctica educacional basada en la evidencia del conocimiento sobre el cerebro. Los investigadores y profesores de aula pueden trabajar juntos para identificar objetivos de investigación relevantes para la educación, y discutir potenciales implicaciones de los resultados de estas investigaciones. Una vez que se implementen las prácticas educacionales basadas en el conocimiento del cerebro, los educadores podrán examinar sistemáticamente su eficacia y entregar sus resultados de aula como retroalimentación para refinar las direcciones de la investigación. Establecer escuelas de investigación con prácticas educacionales íntimamente conectadas con la investigación sobre el cerebro es una forma promisoria de estabilizar el trabajo transdisciplinario.

La neurociencia educacional puede ayudar a impulsar la creación de una ciencia del aprendizaje real. Incluso puede servir como un modelo de transdisciplinariedad para que otros campos la emulen. Esperamos que esta publicación ayude a hacer realidad esta ciencia del aprendizaje, así como un modelo para una continuada fusión transdisciplinaria.

Bibliografía

OECD (2002) *Understanding the Brain –Towards a New Learning Science*, OCDE, París. [La comprención del cerebro: hacia una nueva ciencia del aprendizaje]

OECD (2005) *Formative Assessment –Improving Learning in Secondary Classrooms*. OCDE, París. [Evaluación formativa: a la mejora del aprendizaje en las clases de secundaria]

OECD (2006) *Personalising Education*, OCDE, París. [Personalizar la educación]

PARTE II
Artículos colaborativos

ARTÍCULO A
El cerebro, el desarrollo y el aprendizaje en la primera infancia

Por

Collette Tayler, Escuela de Infancia Temprana,
Universidad de Tecnología de Queensland, Australia

Núria Sebastián-Gallés, Facultad de Sicología,
Universidad de Barcelona, España

Bharti, Consejo Nacional para la Investigación Educacional
y Capacitación, India

A.1. Introducción

El surgimiento de una nueva técnica no invasiva de imagenología del cerebro y de tecnologías del escáner, han permitido una expansión sin precedentes de las ciencias del cerebro, en particular en el área de la neurobiología del desarrollo. Hemos conocido por décadas que el crecimiento y desarrollo del cerebro está programado desde la concepción, por información contenida en nuestros genes. Sin embargo, apenas estamos comenzando a observar y comprender, al nivel celular del cerebro, cómo los estímulos del ambiente externo afectan y controlan el uso de esa información genética. Sólo en tiempos recientes el cerebro ha comenzado a estar a la cabeza de la investigación educacional y de las ideologías, especialmente en relación con el desarrollo y aprendizaje en la primera infancia. Décadas de investigación educacional que ha involucrado a niños pequeños nos ofrecen ideas acerca del aprendizaje temprano desde distintos puntos de vista, y algunos resultados complementan las ideas

que surgen a través de los estudios en neurología, mientras que otros no tienen una conexión aparente por el momento. (Ansari, 2005; Slavin, 2002; Bruer, 1997).

Esta ponencia resume lo que la neurociencia emergente está revelando acerca del desarrollo de la arquitectura y las funciones del cerebro al comienzo de la vida, y se discute la relevancia de este nuevo conocimiento en la promoción y el apoyo al aprendizaje y al desarrollo en la infancia temprana. Nosotros resumimos las ideas y los descubrimientos acerca de la importancia de la fase de aprendizaje en la primera infancia (nacimiento a 96 meses) y la constitución de ambientes de aprendizaje para los niños pequeños. Concluimos con algunas ideas para investigaciones futuras en el área del desarrollo y aprendizaje en la primera infancia, que pueden integrar las preocupaciones, los intereses y las destrezas o habilidades de los neurocientíficos y educadores y hacer avanzar la investigación científica en educación.

A.2. ¿Qué sabemos acerca del desarrollo del cerebro en los neonatos, lactantes y niños pequeños?

A.2.1. El inicio y el proceso de desarrollo del cerebro

Desde el momento de la concepción, la información genética controla la información y reproducción de células en el feto que crece. El desarrollo del cerebro es el resultado de miles de millones de neuronas, los bloques constructivos celulares del cerebro, y billones de sinapsis, las conexiones que reciben y envían señales electroquímicas (Shore,1997). En el feto humano hay una sobreproducción de cantidades masivas de neuronas durante los primeros dos trimestres; el punto más alto es cuando el feto tiene siete meses de gestación. Al expandirse las neuronas, el cerebro crece en volumen y peso, y el enorme exceso de neuronas producidas en los primeros dos trimestres son “podadas” en el neonato, a través de un proceso de selección natural a nivel celular. Esta poda selectiva afina la estructura y las funciones del cerebro humano. Las neuronas que existen en el lactante a su nacimiento aseguran de esta manera una red neuronal capaz de facilitar el aprendizaje y la adaptación desde ese momento en adelante. El número de neuronas existentes al nacimiento permanece estable, aunque el número de conexiones sinápticas aumenta a un ritmo extraordinario después del nacimiento (Goswami, 2004).

La formación de los circuitos neuronales en el hipocampo muy poco después del nacimiento permite al recién nacido comenzar a atender y a almacenar información sensorial. A los dos o tres meses de edad los circuitos neuronales han comenzado a formarse a un ritmo en aumento en los lóbulos parietales, occipitales y temporales. Estos lóbulos no reciben información sensorial directamente desde el medio ambiente externo. Su función es integrar información trasmitida desde las áreas primarias sensorial y motora, y facilitar los movimientos crecientemente sofisticados y coordinados del recién nacido a medida que ella/él interactúa con el ambiente externo. La formación de circuitos neuronales permanentes en el lóbulo frontal, el cual desempeña el procesamiento más complejo de información, comienza habitualmente a los seis meses de edad, cuando el niño comienza a planificar y ejecutar conductas dirigidas hacia un objetivo. La mayor parte del desarrollo del volumen del cerebro ocurre en los primeros años de vida.

El desarrollo normal del cerebro humano sigue secuencias semejantes, que son universales. Al nacer, el circuito neuronal que se estableció en el útero se continúa formando y experimenta la mielinización en el tronco cerebral, en el tálamo, en las áreas motoras y sensoriales primarias, y en partes del cerebelo. Esto permite al recién nacido respirar; llorar; despertarse; dormir; reconocer el olor de su madre y su voz; chupar; tragar; defecar y realizar movimientos motores básicos en las piernas, los brazos y las manos; todas las cuales son funciones vitales para la sobrevivencia inicial. Un desarrollo neurológico en marcha en los lactantes y la primera infancia asegura el refinamiento y el aprendizaje de estas funciones, incrementando la capacidad del niño de atender, responder, relacionarse, moverse libremente, hablar y representar ideas usando diferentes formas simbólicas (ver Cuadro A.1.).

Sin embargo, hay grandes diferencias individuales entre los cerebros en desarrollo. El cerebro de un lactante puede ser construido como una unidad de procesamiento de información, con la red neuronal del cerebro conceptualizada como un sistema de circuitos con infinitas posibilidades de conexiones. Los resultados de estas conexiones reforzadas, que se obtienen por cada niño, son específicas de cada individuo y dependen de una combinación de cualidades genéticas y ambientales. En el nacimiento, cada neurona en la corteza cerebral tiene aproximadamente

2,500 sinapsis, pero a la edad de tres años las neuronas de un niño tendrán alrededor de 15 mil *conexiones sinápticas*, de lo cual se dice que son alrededor del doble del promedio de un cerebro adulto (Gopnik, Meltzoff y Kuhl,1999). En el año siguiente al nacimiento –su período de infancia– el tamaño del cerebro aumenta alrededor de 2.5 veces, de cerca de 400 g a un kilo (Reid y Belsky, 2002). Este período representa el crecimiento más intenso en el cerebro, con el mayor aumento en su peso, atribuido al crecimiento del "sistema de soporte" como la mielinización**.** Está claro que el período de lactancia y el de infancia temprana, hasta los tres o cuatro años, da cuenta de un desarrollo extraordinario.

Cuadro A.1. Las emociones y la memoria (aprendizaje)

Cuando estamos enojados o angustiados, nuestra capacidad de aprender disminuye. Mientras los adultos pueden ser más capaces de controlar sus sentimientos, los niños tienen gran dificultad para hacer esto. ¿Por qué?

Una estructura crucial en el cerebro, involucrada en la regulación de las emociones se llama amígdala. Este nombre viene del Latín *almold,* porque es una pequeña almendra ubicada en el medio del cerebro. La amígdala forma, junto con el hipotálamo, el centro más importante de "liberación de droga" del cerebro. Recibe contribuciones de diferentes áreas perceptivas, así como de centros cerebrales secundarios, y es directamente responsable del incremento del ritmo cardíaco y la presión sanguínea. Junto con el hipotálamo controla una amplia variedad de hormonas.

Las hormonas son importantes, no solamente porque determinan diferentes aspectos de la vida sexual o porque aumentan o reducen el crecimiento, sino también porque son responsables de modificar cómo se transporta la información a lo largo del sistema nervioso. La liberación de algunas hormonas especiales aumenta nuestra capacidad de trasmitir información, y por tanto para aprender. Además, la liberación de otras hormonas reducirá esta capacidad. Por lo tanto, cuando una persona está enojada o angustiada le es más difícil aprender. Esto puede afectar especialmente a los niños pequeños porque ellos todavía tienen que alcanzar su máxima capacidad de control de sus emociones.

Otro componente de este sistema amígdala-hipotálamo, que marca la diferencia entre las reacciones emocionales de la infancia y la adultez, es el lóbulo frontal. Ésta es una porción de nuestro cerebro que se desarrolla relativamente tarde, en efecto, es la última parte del cerebro que madura. Siendo responsable de la parte más "racional" de nuestra cognición –la planificación, el razonamiento- el lóbulo frontal "tempera" el funcionamiento del sistema amígdala-hipotálamo. En efecto, como adultos nosotros estamos capacitados para controlar nuestras emociones y ser racionales, eso se espera incluso en circunstancias desagradables (ver control de las emociones en el Capítulo 3).

Nelson (2000) registra el camino del desarrollo de la visión, el lenguaje y las funciones cognitivas de orden superior, confirmando la velocidad del desarrollo en los primeros dos a tres años de vida. En este período sólo las sinapsis que están estabilizadas o consolidadas a través del uso se mantendrán (Changeux y Dehaene, 1989). El proceso de poda selectiva de las sinapsis está guiado por la interacción entre la genética y el

ambiente (Reid y Belsky, 2002). Estableciendo la biología del desarrollo del cerebro como probabilística, este proceso de desarrollo interactivo es descrito por Rutter como:

> …hay una programación genética del patrón general y el curso, pero cuantiosas oportunidades de corregir el proceso de desarrollo de acuerdo a la contribución ambiental y al trabajo del cerebro, en términos de las interacciones célula-célula (Rutter, 2002, p. 11).

Estas experiencias a las cuales el individuo está expuesto en repetidas ocasiones resultarán en la mielinización de las sinapsis relevantes. Estas sinapsis "reforzadas" llegan a ser responsables de grabar y codificar las experiencias de vida y las situaciones de aprendizaje del lactante y del niño pequeño.

A.2.2. El rol que juega la experiencia

Se dice que la experiencia comienza cuando las neuronas sensoriales son activadas, con una activación por turno, conectando células en las capas más profundas del sistema. Clark describe este proceso:

> Por ejemplo, si comer una manzana activa un conjunto particular de células, entonces éstas, a su vez, activarán las células en la segunda capa, cuyas conexiones han comenzado a ser "reforzadas" a través del aprendizaje de aprender a detectar el gusto de la manzana. Las células de la segunda capa no están genéticamente ordenadas para detectar la manzana o el limón, pero hacen esto como resultado de la experiencia (Clark, 2005, p. 681).

Por eso, es probable que el pensamiento acerca de cualquiera experiencia sensorial, o de cualquier tema, sea el resultado de patrones complejos y de un procesamiento distribuido a través de varios componentes neurales en el cerebro.

El proceso del crecimiento y desarrollo neuronal del niño, basado en la capacidad genética y del medio ambiente, se ve afectado desde bastante antes del nacimiento. Por esta razón, los programas que apoyan el bien-

estar material durante el embarazo (incluidos una nutrición adecuada, ejercicio y reposo) contribuyen a un desarrollo sano del cerebro del neonato. A su vez, la nutrición del niño, ambientes físicos sanos y sin polución, y ambientes psicosociales positivos son elementos importantes para el sano desarrollo del cerebro desde el nacimiento.

A.2.3. El momento oportuno [*timing*] y la secuenciación: factores importantes en el desarrollo del cerebro

El crecimiento sináptico y la mielinización constituyen la mayor actividad cerebral en la primera infancia y la infancia, y el momento oportuno varía según las diferentes áreas del cerebro. Este proceso es fundamental para el desarrollo cognitivo, físico-motor, lingüístico, social, cultural y emocional. De acuerdo con la edad y el nivel de desarrollo del niño, la información sensorial recibida a través del tacto, gusto, sonido, vista, olfato, estimula las neuronas cerebrales y sinapsis para formar un conjunto de caminos neurales cada vez más sofisticado, por donde se transporta, procesa, integra y almacena la información para referencia presente y futura. Para este propósito, los niños pequeños se encuentran con el mundo mediante una variedad de experiencias sensoriales vitales para el cerebro en desarrollo. El cerebro cambia en función de la experiencia y con experiencias repetitivas refuerza las redes neuronales.

El proceso de interacción entre la genética y el medio ambiente sensorial ocurre en cierta medida antes del nacimiento, a través de exposición a información sensorial en el útero. Por ejemplo, tocar música durante el tercer trimestre de embarazo influye en la actividad y la conducta del feto (Kisilisky *et al.,* (2004). Sin embargo, como informaron Thompson y Nelson (2001), la interacción entre la genética y el medio ambiente, que determina el momento oportuno y el desarrollo de la producción de sinapsis, no está de ninguna manera clara. Cómo ocurren la sobreproducción neuronal y sináptica, y los procesos de poda, en cuáles secuencias y en qué períodos de crecimiento, aún quedan por comprenderse a pesar del rápido crecimiento del conocimiento acerca del cerebro en desarrollo mediante la aplicación de nuevas tecnologías. Todavía hay métodos de investigación limitados para poder dar cuenta de los estímulos múltiples y complejos en el ambiente y, al mismo tiempo, de la actividad dinámica y compleja dentro del cerebro.

Los procedimientos éticos que protegen a los participantes en el estudio del desarrollo animal y humano ponen límites razonables a los métodos y las técnicas aplicados. Investigaciones básicas ocurren normalmente primero con animales, en especial ratas, con la transferencia posterior de los resultados a humanos, siendo estos resultados muy matizados y sujetos a un largo período de mayor investigación. Las muestras de autopsias humanas también juegan un rol, ya que entregan "cálculos de diferencias relacionadas con la edad en cuanto a densidad sináptica (si bien) algunas veces sólo con un puñado de ejemplos en una edad determinada" (Thompson y Nelson, 2001,p. 9) Esos resultados calculan la densidad sináptica como una cifra estática y no pueden indicar si las sinapsis que son contadas deben su existencia a un programa genético o a la experiencia.

A.2.4. Plasticidad: una característica clave del cerebro en la infancia

En el nacimiento, el circuito neuronal del cerebro es extremadamente "plástico" con relación al procesamiento y almacenamiento de la información sensorial: los circuitos son fácilmente formados, quebrados, debilitados y fortalecidos. Esto sugiere la importancia del período de lactancia y de la primera infancia para el desarrollo del cerebro y el crecimiento de la capacidad física, cognitiva, lingüística, social y emocional. La plasticidad, sin embargo, no implica que cualquier parte del cerebro del niño pueda aprender cualquier cosa. Gazzaniga (1998) argumenta que debido a que el cerebro responde de forma diferente de acuerdo con los distintos tipos de estimulación y experiencia, las redes del cerebro de cada individuo son personales y únicas. Sin embargo, esto no se interpreta como plasticidad, como que el cerebro se "ha recableado a sí mismo". Crick (1994,p. 10) resume esta idea: *"Ahora sabemos que el cerebro en el nacimiento no es una tabla rasa, sino una estructura elaborada con muchas de sus partes ya en su lugar. Entonces la experiencia afina este aparato áspero y preparado hasta que puede hacer un trabajo de precisión".*

Los estudios experimentales y patológicos del crecimiento y desarrollo del cerebro en los animales, así como observaciones de la actividad del cerebro humano a nivel neuronal, indican que la plasticidad del circuito neuronal está programada genéticamente para variar en ciertas edades

y etapas de la vida (Dyckman y McDowell, 2005; Kolb and Wishaw, 1998). Después del nacimiento, la plasticidad del cerebro apoya la *formación y el desarrollo* del circuito neuronal de manera única, de acuerdo con la genética individual y los estímulos. El crecimiento y el desarrollo del circuito neural son susceptibles a procesos "epigenéticos" específicos (expresión de los genes, afectados por estímulos ambientales). Estos procesos son influenciados por la edad de la persona y la etapa de la vida, y explican la descripción de los períodos "críticos" o "sensibles" del desarrollo cerebral.

A.2.5. ¿Períodos críticos o sensibles en el desarrollo neural?

La investigación educacional ya ha confirmado la importancia de la experiencia temprana y del ambiente en el aprendizaje y el desarrollo de los niños (Sylva *et al.,* 2004; Thorpe *et al.*, 2004). La investigación neurocientífica acerca de los períodos críticos y las consecuencias de una privación sensorial temprana confirma que en algunas especies el desarrollo estructural y funcional de ciertos aspectos del cerebro puede requerir de cierta experiencia en momentos determinados. Por ejemplo, el aprendizaje del canto de los pájaros está restringido a períodos especiales, diferentes para cada especie y dependiente de ciertas condiciones (Brainard y Doupe, 2002). El fracaso en establecer circuitos cerebrales específicos para ciertas funciones, como la corteza visual, en un período crítico, puede producir una pérdida irreversible de actividades impulsadas de manera visual en la corteza (Fagiolini y Hensch, 2000). Para diferentes especies la duración de los períodos críticos parece variar en relación con las expectativas de vida.

Sin embargo, el concepto de período crítico en el desarrollo neurológico humano ya no es respaldado, debido a que ha quedado claro que nunca es tarde para aprender (Blakemore y Frith, 2005). En los humanos, los llamados "períodos críticos" son más bien considerados "períodos sensibles" y se extienden por años (como el período de la infancia temprana). "Uno de los conceptos principales que están siendo investigados actualmente en neurociencia es que tales períodos críticos representan períodos de intensificación de la plasticidad del cerebro, cuando las experiencias sensoriales especiales producen cambios permanentes y a gran escala en los circuitos neuronales" (Ito, 2004, p. 431). Lo que es aparente es que estos períodos, definidos de un modo más general como

"períodos sensibles" en el desarrollo humano, siguen la misma cronología para todos los seres humanos, y es importante identificar en los niños los problemas sensoriales, como la audición y las deficiencias visuales, lo más temprano posible, porque es probable que tengan efectos de largo plazo.

> Estos descubrimientos sugieren que la privación sensorial temprana puede tener consecuencias de largo plazo, posiblemente muy sutiles, no detectables en la vida diaria. También sugieren que, aun después de la privación sensorial, la recuperación y el aprendizaje todavía pueden ocurrir. Este aprendizaje tardío puede ser diferente del tipo de aprendizaje que ocurre naturalmente durante los períodos sensibles (Blakemore y Frith, 2005, p. 461).

Los primeros dos años son mencionados como altamente sensibles para la creación de las vías cerebrales para la atención, percepción, memoria, control motor, modulación de la emoción y para la capacidad de formar relaciones y el lenguaje (Davies, 2002). La adquisición del lenguaje es el proceso mejor documentado, relacionado con períodos específicos del desarrollo de los niños, con la capacidad de adquirir el lenguaje aparentemente declinando más allá de la mitad del período de la infancia. El ambiente específico experimentado durante una fase sensible en la infancia, por ejemplo, afecta la habilidad del niño para hacer discriminaciones fonológicas más tarde. La disminución de la habilidad de los humanos para aprender nuevos idiomas, o producir nuevos sonidos lingüísticos después de la adolescencia, se relaciona con las limitaciones encontradas en las redes de circuitos después que han transcurrido ciertos períodos sensibles.

A través de toda la vida, pero especialmente durante los períodos sensibles, la estimulación repetida, la formación y reformación de los circuitos neuronales, permite a las neuronas y sinapsis llegar a ser progresivamente especializadas en el tipo de información que procesan, integran y almacenan. La mielinización preserva el funcionamiento de las redes de circuitos y mejora la velocidad y eficiencia de la transmisión de información. Una vez mielinizado, un circuito neuronal o sinapsis está "fijo" de por vida, a no ser que ocurra algún daño cerebral o alguna degeneración celular. Al mismo tiempo, como los circuitos están siendo

fijados a través de la mielinización, las sinapsis sin uso están siendo eliminadas o "podadas" para asegurar la máxima eficiencia en el despliegue de los neurotrasmisores. Por consiguiente, la disponibilidad de sinapsis para facilitar la formación de nuevos circuitos neuronales permanentes disminuye durante el curso de la vida. Este fenómeno tiene implicaciones para el aprendizaje y el desarrollo, y destaca la importancia de las oportunidades de aprendizaje encontradas en la primera infancia, si bien se reconoce que puede haber aprendizaje más allá de los períodos sensibles. El grado en el cual puede ser necesario un mayor esfuerzo, o el éxito puede ser más limitado, no está claramente determinado.

A.2.6. Períodos sensibles y la plasticidad del cerebro

Los dos conceptos, períodos sensibles y plasticidad del cerebro, a un nivel fundamental parecen representar conceptualizaciones de desarrollo diferentes y opuestas (Hannon, 2003). Por un lado, la plasticidad sugiere que el aprendizaje y el desarrollo pueden tener lugar a cualquier edad. Nunca es demasiado tarde para intervenciones y aprendizaje. Por otro lado, períodos sensibles implican un rol crucial para el momento oportuno, las intervenciones tempranas y el aprendizaje. Con la excepción de estudios de desarrollo del lenguaje, la evidencia que confirma períodos sensibles parece haber sido obtenida básicamente de experimentos con animales (ver, por ejemplo, Mitchell, 1989). Basados en los estudios de investigaciones actuales hay respaldo para ambas construcciones. Otros estudios son necesarios para revelar las condiciones especiales en las cuales el aprendizaje es facilitado por los períodos sensibles, y el aprendizaje es logrado en otros momentos, básicamente como resultado de la plasticidad del cerebro.

A.2.7. El aprendizaje durante la primera la infancia y más allá

Los lactantes y niños pequeños aprenden implícitamente el idioma y se hacen movibles. Una mezcla de cualidades genéticas y experiencia ambiental es condición para el éxito, pero la relación entre atención y aprendizaje implícito y explícito aún no está clara. Es aparente que el cerebro se da cuenta de cosas que la mente no, si bien como destaca Goswami (2005) "los niños pasan la mayor parte del día en las clases

y sus cerebros no se dan cuenta automáticamente de cómo leer o de cómo hacer sumas. Estas destrezas o habilidades deben ser enseñadas directamente" (p. 468). El conocimiento actual del aprendizaje implícito, o aprendizaje sin prestar atención es básicamente de estudios del sistema motor, aunque el aprendizaje inconsciente de una gramática artificial también ha sido notado por Blakemore y Frith (2005). ¿A qué contribuye la programación para el desarrollo en el aprendizaje durante y más allá de la infancia temprana? ¿Cómo afecta el desarrollo de las destrezas o habilidades funcionales la adquisición de información implícita relacionada con valores, actitudes y creencias, y el crecimiento de la cognición social y la regulación emocional? La relación recíproca entre aprendizaje implícito y explícito parece de vital importancia para hacer avanzar la ciencia de la educación. Los estudios interdisciplinarios, especialmente focalizados en los primeros años de vida, son necesarios para avanzar en nuestra comprensión actual.

Cuadro A.2. El desarrollo inicial del lenguaje

Para el momento en que el niño comienza a hablar ya ha adquirido un conocimiento bastante sofisticado de su lenguaje. Al nacimiento, los lactantes ya son capaces de darse cuenta de las diferencias de algunos idiomas (ej. japonés y holandés), así como otros mamíferos pueden hacerlo, entre ellos los monos tamarin cabeza de algodón y las ratas. Diferentes técnicas de imagenología cerebral han revelado que niños muy pequeños (menos de tres meses de edad) muestran una gran activación en áreas del hemisferio izquierdo cuando se enfrentan con un habla normal en relación con lo que muestran los adultos, pero no se observa una actividad superior en el hemisferio izquierdo si se enfrentan a un discurso hablado al revés (tampoco los adultos muestran una gran activación con un discurso hablado al revés, si bien los patrones de activación para un discurso hablado al revés difieren entre los niños y los adultos). Los lactantes humanos son también capaces de percibir cualquier contraste existente en fonemas en cualquier idioma en el mundo, aun si sus padres no pueden pronunciarlo o percibirlo (como los niños japoneses muy pequeños, que pueden percibir la /r-l/ en inglés, en contraste con sus padres que son incapaces de hacerlo). Por lo tanto, al nacimiento los humanos son capaces de hacer diferentes "cálculos" con las señales del lenguaje; estos cálculos son universales para el lenguaje, en el sentido de que ellos permiten a los recién nacidos aprender igualmente bien cualquier idioma en el mundo. En los meses siguientes, los lactantes comenzarán a afinar su capacidad de procesar el lenguaje respecto a las propiedades del idioma de su ambiente. En efecto, hacia los seis a 12 meses, ellos, por un lado, perderán su capacidad de percibir algunos contrastes foráneos (como los niños pequeños japoneses que pierden su capacidad de percibir la /r-l/) y al mismo tiempo ellos refinarán las categorías de fonemas de su propio idioma. Se puede decir que los lactantes se están convirtiendo en oyentes nativos competentes (en oposición a oyentes universales mediocres). Hay alguna evidencia de la capacidad de ajustar adecuadamente la capacidad perceptual inicial de las propiedades del sistema de los fonemas nativos, con relación a una posterior adquisición exitosa del lenguaje: esto es, mientras antes y mejor los niños pequeños sean capaces de perder la percepción de los contrastes foráneos, más rápido parecen aprender su primera lengua.

Al mismo tiempo que adquieren el sistema de sonido, los niños pequeños también están obteniendo información de las señales del lenguaje, que eventualmente los llevará al descubrimiento de las palabras y a establecer las propiedades morfológicas y sintácticas de su idioma. Uno de los mecanismos que los niños pequeños tienen a su disposición para este propósito es llevar un registro de las regularidades recurrentes en la señal. Por ejemplo, el promedio de posibilidades que un fonema siga otro fonema es más alto dentro de las palabras que entre las palabras. Diferentes estudios han mostrado que los lactantes y niños hasta de ocho meses son capaces de utilizar este tipo de señal para segmentos de unidades de su señal idiomática. Es importante notar que, contrariamente al lenguaje escrito, el lenguaje oral no tiene marcadores confiables que indican límites entre las palabras; los mecanismos subyacentes de este desarrollo temprano muestran claramente las complejidades del cerebro de un niño pequeño (tiene que recordarse que los ingenieros han fracasado al querer construir máquinas capaces de segmentar y reconocer palabras con la misma eficiencia que muestran los niños pequeños a los 12 meses).

Hay evidencia de que el aprendizaje después de la primera infancia puede ser mediado de diferentes maneras. Rutter (2002) destaca que después del período de la primera infancia el grado de plasticidad del cerebro y el grado de variación en plasticidad a través de las diferentes

partes del cerebro o sistemas del cerebro son aún desconocidos. Por ejemplo, aprender una segunda lengua más allá de la fase de la infancia involucra diferentes partes del cerebro de las empleadas en la adquisición de la primera lengua (Kim *et al.,* 1997*)* y el aprendizaje a partir de una experiencia individual nueva o inusual continúa teniendo efectos neurológicos a través de la vida. "Este aprendizaje es diferente de la programación para el desarrollo, pero también involucra efectos basados en la experiencia en el cerebro, (aunque) extraordinariamente poco se sabe acerca de los vínculos estructura-función" (Rutter, 2002, p. 13).

A.3. ¿Cuán importantes son los primeros años de desarrollo y aprendizaje?

El aprendizaje y el desarrollo en esta etapa de la vida tiene un rol particularmente amplio, relativo al desempeño. Tiene un atractivo intrínseco destacar la primera infancia como un período importante y sensible para influir en el desarrollo y el aprendizaje, especialmente para los educadores de la primera infancia y los pediatras. Nosotros sabemos que las condiciones en la primera infancia afectan la diferenciación y función de miles de millones de neuronas en el cerebro, y que la experiencia temprana establece las vías entre los diferentes (distribuidos) centros del cerebro. En la ausencia de un estímulo ambiental apropiado, el desarrollo y funcionamiento del cerebro en el niño es probable que se vea alterado, con menor rendimiento, y/o retardado, con impactos concomitantes en el aprendizaje y desarrollo del niño. De manera fundamental, hay implicaciones significativas para las prácticas relacionadas con la crianza de los niños, compromiso adulto-niño, la educación temprana de los niños y los programas de cuidado infantil, y es la razón por la que la primera infancia es de alta prioridad en las políticas públicas de muchos países. Un análisis de las políticas y los servicios de educación y cuidado en la infancia temprana se llevó a cabo en 20 países de la OCDE, y cuyo informe es *Starting Strong II* [Comienzo Seguro II] (OECD, 2006).

Los economistas han argumentado a favor de la inversión temprana en la vida de los niños para un máximo beneficio a la sociedad, medido con un foco en el capital humano, social y de identidad (Lynch, 2004; Heckman y Lochner,1999). Cunha *et al.* (2005) reconocieron que las destrezas o habilidades y la motivación en una fase de la vida engendra

habilidades y motivación en las fases subsecuentes. Por lo tanto, invertir en las etapas preparatorias de la vida es visto como un incremento a la productividad, con etapas complementarias o posteriores siendo debilitadas por malas inversiones o condiciones anteriores. En suma, la crianza tempana de los niños pequeños es considerada como la de mayor importancia por el extraordinario crecimiento y desarrollo que ocurre en ese momento. Este conocimiento es uno de los pilares que apuntalan los argumentos sobre la trascendencia de los primeros años y aboga por los servicios de apoyo de alta calidad para los niños en infancia temprana y sus familias.

Cuadro A.3. Neuronas espejo

Los niños asimilan fácilmente e imitan lo que ven y oyen. Los padres y educadores se muestran preocupados por la seguridad de los niños y los riesgos a los que están expuestos, incluyendo la exposición a modelos de conducta negativos. Muchos padres expresan preocupación acerca de la extrema violencia mostrada en los medios. Los gobiernos tratan de prevenir que los niños tengan acceso a determinadas páginas web. Por lo tanto, la escolarización pretende entregarle a los niños no solamente conocimiento, sino también modelos positivos de conducta. ¿Por qué son los modelos tan importantes?

Los humanos somos especialmente talentosos para imitar a otros. Nos sentimos tristes e incluso lloramos cuando vemos a alguien sufriendo, nos sonreímos y reímos cuando oímos a otras personas reírse (aun si oímos a una persona desconocida riéndose al lado de nosotros en un autobús… algunas risas son particularmente "pegajosas"). Un precursor a todas estas preguntas está ya presente en el nacimiento. Si nosotros sacamos nuestra lengua a un recién nacido, él hará lo mismo.

La cuestión de saber el mecanismo neuronal preciso que subyace la imitación ha sido muy escurridizo y hasta hace muy poco era un misterio.

En 1996 un neurocientífico italiano hizo un descubrimiento extraordinario, permitiéndonos comenzar a entender el mecanismo básico de la imitación. Giacomo Rizzolatti y sus colegas de la Universidad de Parma, Italia, han descubierto la existencia de las "neuronas espejo" en el cerebro de los monos. Lo que Rizzolatti observó fue la existencia de un tipo particular de neuronas, que se activaban cuando los monos hacían una tarea muy específica con sus manos: por ejemplo, tomaban un maní y lo ponían en la boca. Pero, curiosamente, las neuronas espejo también se activaban cuando los monos veían a otro mono hacer la misma tarea. La especificidad era muy alta, por ejemplo, si ellos veían al experimentador haciendo el mismo movimiento de manos, pero sin el maní a tomar la neurona espejo correspondiente no se activaba.

El descubrimiento de estas neuronas (ubicadas en el cerebro de los monos en un área análoga al área humana de Broca, uno de los principales centros de procesamiento del lenguaje) ha estimulado mucha investigación. Actualmente los neurocientíficos están trabajando con la hipótesis de que somos capaces de comprender las acciones de otras personas (y quizá sus sentimientos) porque cuando los vemos ejecutando estas acciones y (teniendo sentimientos especiales) nuestras neuronas espejo podrían ser activadas, haciéndonos sentir como si, en efecto, nosotros estuviéramos haciendo eso (o teniendo esos sentimientos). ¿Podría ahí haber un funcionamiento anormal a la base de algunas patologías de personalidad? Ése un campo de investigación actual muy estimulante.

A.3.1. El caso de la intervención temprana y los programas de educación

Los descubrimientos en la neurociencia para el desarrollo han destacado las oportunidades y vulnerabilidades únicas para el desarrollo en la lactancia y la primera infancia. Como resultado, hay implicaciones para las intervenciones en la infancia temprana y programas de educación y se han desarrollado acciones por directores de dichas acciones. Algunas aplicaciones son polémicas por la sobredimensión de los descubrimientos de estudios en animales, que no tiene aplicación justificable a los humanos. Las intervenciones existentes, muchas mencionadas por Hannon (2003), se relacionan con:

- Desarrollo prenatal: Existe una causa para las intervenciones prenatales focalizadas, especialmente para las madres en situaciones desventajadas, donde los niños están en riesgo de nacer menos aptos para prosperar. Las intervenciones que minimicen o eliminen los efectos negativos de la deficiencia nutricional, las neurotoxinas y las enfermedades infecciosas tales como la rubeola, son claramente beneficiosas (Shonkoff y Phillips, 2000).
- Sinaptogénesis y pérdida sináptica: Algunos especulan que si hubieran altos niveles de estimulación y enriquecimiento en el período de cero a tres años, se retendrían más sinapsis y esto sería de beneficio absoluto para los niños. Una plétora de productos y programas (eléctricos, mecánicos y nutricionales) se han comercializado bajo la afirmación de que aumentan la inteligencia de los lactantes y niños pequeños. No hay evidencia para tal razonamiento (Bruer, 1999a y b; Goswami, 2004, 2005). Por otro lado, la privación en los lactantes y niños pequeños del contacto básico con el ambiente humano y material, como en el caso de un abuso severo y negligencia, es claramente dañino (Rutter y O'Connor, 2004).
- Cognición social y regulación emocional: La capacidad de los niños pequeños en los años de la educación preescolar, de monitorear la fiabilidad de la información que ellos reciben ha sido a menudo subestimada, porque los niños entregan su confianza con una selectividad apropiada (Koenig y Harris, 2005). Cada vez más en las investigaciones se ha encontrado que los niños muy pequeños son informantes confiables de sus experiencias y comprensiones. Si bien estamos sólo comenzando a contemplar las complejidades de la cognición social y de la interacción social (Davis, 2004), las respuestas a nuevas preguntas

acerca del origen y el alcance que se tiene de la confianza en los niños muy pequeños, entregará una base científica sólida para programas de intervención temprana.

- Períodos sensibles: Si bien las observaciones de los estudios originales de Weisel y Hubel –en privación de luz a gatitos– no tienen implicaciones para las intervenciones en la infancia temprana, podría haber ventanas de tiempo en la infancia temprana donde debe tener lugar cierto tipo de desarrollo. Algún tipo de puesta al día posterior mediante un cambio de circunstancias también puede ser posible. La existencia de períodos sensibles para la adquisición y el desarrollo del lenguaje ha sido documentada en estudios desde la sicología. Hasta ahora, la evidencia de la neurociencia sobre períodos sensibles en el desarrollo humano es limitada.
- Complejidad medio ambiental: Los estudios de Greenhouth *et al.* (1972-1987) informan que la complejidad ambiental tendría una influencia en el cerebro de las ratas: aquellas criadas en medio ambientes complejos eran superiores cuando aprendían tareas en el laberinto. Si bien aquellos que promueven los programas de intervención en la infancia temprana abogan por ambientes "enriquecidos", la evidencia directa no está disponible. El grado en que los cuidadores y educadores bien intencionados rodean a los lactantes y niños pequeños con múltiples objetos brillantes y juguetes e ingeniosos aparatos muy "atractivos", por la causa de aumentar el aprendizaje, tiene que ser cuestionado. Mientras privaciones sensoriales y ambientales extremas pueden ser claramente dañinas, los ambientes enriquecidos no necesariamente mejoran el desarrollo del cerebro (Blackemore y Frith, 2005).
- Plasticidad neural: Los descubrimientos en esta área tienen relevancia al mostrarnos que el desarrollo temprano y los programas de intervención en la infancia temprana no necesitan, por un lado, asumir toda la responsabilidad de asegurar resultados de largo plazo en el aprendizaje, como tampoco asumir todo el crédito por los resultados posteriores en la vida. Los cerebros van cambiando y las habilidades que nunca se desarrollaron o se pensó que estaban perdidas pueden en cierta medida ser recuperadas después de los primeros años.

A.3.2. El aprendizaje de los niños domina la primera infancia

No es necesario decir que el aprendizaje es crítico para todos los humanos durante sus primeros años de vida. Las prácticas educacionales se mueven hacia la recolección de una sólida evidencia empírica, basada en períodos clave e intervenciones que faciliten el desarrollo y el aprendizaje, con la investigación neurocientífica a la cabeza de esta evidencia base. Blakemore y Frith (2005) argumentan que el cerebro ha evolucionado a "educar y ser educado" (p. 459). Lo que los adultos han dado por sentado en el pasado, especialmente en relación con el desarrollo y el aprendizaje de los lactantes y niños pequeños, es ahora un punto de nuevo aprendizaje y realización.

Los descubrimientos acerca del desarrollo sináptico indican que la experiencia social y emocional temprana es la "semilla de la inteligencia humana" (Hancock y Wingert, 1997, p. 36). Sin embargo, la seducción de buscar el tener bebés, lactantes y niños pequeños generando nuevo conocimiento acerca del mundo a través de, por ejemplo, "googleando" en el mundo virtual, necesita ser temperada con evidencia empírica de los méritos para un desarrollo y aprendizaje efectivo que sea sostenido en el tiempo.

En el período de la infancia temprana, los estudios del aprendizaje de los niños están basados sobre una variedad de teorías del aprendizaje y el desarrollo complementarias y contrastantes. Cuatro descubrimientos globales de estudios microgenéticos han proporcionado información sobre el aprendizaje de los niños, a pesar de las diversas orientaciones teóricas, los contenidos abordados y la variedad en las edades de los niños (Siegler, 2000). El primero dice que *el cambio es gradual*, y es especialmente así, si un enfoque adoptado, como el contar con los dedos para sumar, es fácil y efectivo para el niño, aunque le tome más tiempo. El segundo descubrimiento –*que los descubrimientos pueden conllevar tanto éxito como fracaso*– confirma que los niños generan estrategias novedosas para resolver sus problemas a medida que éstos surgen, particularmente en la ausencia de una presión externa. Por lo general, esto es evidente en los períodos de juego libre. El tercero dice –*que la variabilidad temprana se relaciona con un aprendizaje tardío*– y el cuarto dice –*que los descubrimientos están constreñidos por las comprensiones conceptuales*– teniendo

implicaciones para la pedagogía de la primera infancia. La experiencia produce cambios en la relativa confianza de las estrategias existentes del niño, si bien éstas y las formas de pensar diversas y contradictorias pueden coexistir por un período de tiempo prolongado. Nuevas formas de pensar, un pensamiento más efectivo utilizado con más frecuencia y una mayor ejecución efectiva de enfoques alternativos es el sello distintivo del aprendizaje de los niños pequeños en el tiempo. Durante este período, los pedagogos competentes en infancia temprana pueden facilitar la comprensión conceptual de los niños. Debido a los altos niveles de producción de redes neurales en los lactantes y niños muy pequeños, y a la memoria de largo plazo, la que ahora se sabe aparece bastante antes de la habilidad verbal de poder describir experiencias pasadas (Bauer, 2002), hay evidencias y argumentos importantes para tomar en serio la interacción de los niños pequeños, tanto en el cuidado familiar en la casa como durante los períodos de cuidado no parental en los centros de cuidado infantil.

A.3.3. Contextos negativos para el aprendizaje

Debido a la intensificada importancia de los primeros años de aprendizaje, las experiencias tempranas empobrecidas pueden ser debilitantes y necesitan cambiar. Rutter (2002,p. 9) confirma la consistencia de los descubrimientos que indican riesgos sicopatológicos para los niños. Entre ellas:

- Discordias y conflictos persistentes, especialmente como chivo expiatorio u otras formas de negatividad focalizada dirigida hacia un niño en particular;
- carencia de entrega de cuidado personal individualizado que involucre continuidad en el tiempo (ej. crianza institucional);
- carencia de conversación y juego recíproco, y
- *ethos* [clima] social negativo o un grupo social que fomenta conductas desadaptativas de cualquier tipo.

En todas estas instancias hay una *erosión de relaciones,* la cual manifiesta consecuencias negativas para los niños pequeños. La consecuencia de las relaciones pobres y perjudiciales impacta de forma negativa en la vida de los niños y en su futuro. Davies informa sobre los cerebros de los huérfanos rumanos, quienes han crecido con problemas sociales y emocionales profundos: “Prácticamente todos esos niños muestran excentricidades

funcionales distintivas en varias áreas conectadas con la emoción" (Davies, p. 425). Si bien positivamente, Rutter y O'Connor (2004) informan que la heterogeneidad de los resultados indican que los efectos de una programación biológica temprana y un daño neural derivado de la privación institucional no es determinista. ¿Cómo media la relación cuidador-niño los efectos del ambiente material temprano del niño? Dado el conocimiento que tenemos hasta ahora, es claramente importante que aquellos que rodean a los niños pequeños –familias, padres y apoderados, cuidadores, proveedores de servicios, pedagogos, miembros de la comunidad–, actúen con una conducta que nutra y construya relaciones recíprocas que aumenten el potencial humano de los niños.

A.3.4. La educación y el cuidado en la primera infancia: importantes, pero no constituyen la "varita mágica"

Está claro que el crecimiento en el cerebro no se detiene después de los primeros años de vida y su plasticidad no desaparece. En un rango considerable, ha habido una aceptación sin crítica o afirmación de la experiencia de la primera infancia y su impacto posterior en la conducta. El grado en que el crimen, la conducta antisocial, y otros problemas sociales pueden ser eliminados por programas de "prevención" en la infancia temprana, no ha sido, a la fecha, objeto de investigación empírica. Las afirmaciones surgen de un número relativamente pequeño de estudios longitudinales, basados en poblaciones en Estados Unidos, que atestiguan un conjunto de beneficios acumulados a través de programas de infancia temprana de alta calidad (Lynch, 2004). Sin embargo también está claro que pequeñas intervenciones en los años preescolares es poco probable que logren en todos los niños beneficios que les cambien la vida y que perduren toda la vida (Karoly *et al.,* 1998, 2001). Pero aun así, un compromiso temprano con los niños es claramente importante debido a la fluidez del desarrollo en ese período. Hay amplia evidencia de que los logros derivados de los programas de intervención temprana, dirigidos a áreas cognitivas u otras áreas, particularmente programas basados en los centros de cuidado, perduran por un largo período para muchos niños (Barnett, 1995; Brooks-Gunn, 1995; Karoly *et al.,* 1998). Los efectos de los programas de primera infancia continúan en la escuela primaria, si bien el porcentaje de la mantención de este efecto puede depender de la calidad del ambiente de aprendizaje que encuentra el

niño en el colegio. Los primeros años de vida de un niño son puntales para su posterior desarrollo social, académico y sicológico.

A.4. ¿Qué sabemos acerca de los ambientes de aprendizaje que facilitan el desarrollo en la primera infancia?

A.4.1. Las sutilezas del juego y el aprendizaje en este período

El desarrollo del cerebro y los logros cognitivos de los niños pequeños están disfrazados en las diferentes formas, aparentemente inocuas, del juego infantil. Las investigaciones de la sicología del desarrollo dejan muy en claro que el niño en sus primeros tres años de vida ya tiene un conocimiento base acerca del mundo en extremo complejo e interrelacionado (NSCDC, 2005, 2004a, 2004b); un conocimiento base por lo general adquirido de manera altamente informal. Rushton y Larkin (2002) explican que el ambiente del niño es fundamental en su manera de aprender, con estudios que indican, por ejemplo, que los niños involucrados en medio ambientes centrados en el aprendiz, tienen mejores destrezas o habilidades verbales receptivas (Dunn, Slomkowski y Beardsall, 1994) y tienen más confianza en sus habilidades cognitivas. Los programas basados en el juego para los niños pequeños son fuertemente apoyados por toda la literatura en educación de la infancia temprana, aunque dichos programas varían muchísimo en su aplicación y en los supuestos acerca del lugar del juego en el aprendizaje.

El observar ambientes de aprendizaje puede aumentar la comprensión acerca del pensamiento intuitivo de los niños pequeños y su interacción con otros. El equilibrio relativo de las estrategias iniciadas por el niño (incluyendo el juego) y las experiencias conducidas por los adultos, también pueden afectar los resultados del aprendizaje del niño. En general, los educadores de la infancia temprana prefieren pecar por exceso hacia el lado de los eventos de aprendizaje iniciados por el niño y utilizar estrategias basadas en momentos espontáneos de enseñanza. Cinco principios subrayan la importancia del juego en la primera infancia en el desarrollo del cerebro y del aprendizaje, tanto en los humanos como en los animales (Frost, 1998):

- Todos los mamíferos jóvenes y sanos juegan, los pequeños animalitos inician sus juegos y sus escaramuzas mediados por adultos cuidadores; los pequeños humanos –cuyo período de inmadurez motora después del nacimiento es más largo– dependen más de sus padres y de otros para darle estructura y dirección a su juego inicial, siendo éste su andamiaje para el desarrollo.
- El rango y la complejidad del juego aumenta rápidamente, en correspondencia con el desarrollo neural.
- Los juegos tempranos y las escaramuzas en los animales (escapar, asechar, acosar, abalanzarse), y en los humanos (movimiento, lenguaje, negociación) los equipan con las habilidades necesarias posteriormente.
- El juego es esencial para un desarrollo sano, al facilitar la unión del lenguaje con la emoción, el movimiento, la socialización y la cognición. "Es una actividad de juego y no de instrucción directa, ni de aislamiento, de privación o abuso, la que marca una diferencia positiva en el desarrollo del cerebro y el funcionamiento humano" (Frost, 1998, p. 8).
- La privación de juego puede dar origen a conductas aberrantes. Smith y Pellegrini (2004) cuestionan la voracidad del juego, especialmente del juego sociodramático en el aprendizaje humano, señalando la devoción hacia la "mística del juego" en el desarrollo de los programas de primera infancia en las sociedades occidentales modernas, el que no está plenamente verificado. Su revisión señala:

> …la importancia de los adultos (generalmente los padres) en sus actitudes hacia el juego de los niños. Ya sea que un niño participe en un juego –quizá fingiendo jugar especialmente– varía enormemente entre las culturas y mide el grado con el cual los adultos desmotivan ese juego (imponiendo algún trabajo o demandas de cuidado, incluso en niños muy pequeños); lo toleran por un rato (como una forma de reducir las demandas de cuidado directas que el niño les hace; o lo alientan activamente (como una forma de desarrollar las habilidades cognitivas y sociales –como una forma de "inversión parental") (p. 296).

Son conocidas las condiciones ambientales que afectan el desarrollo del sistema de los circuitos cerebrales y el aprendizaje, resaltando la necesidad

de una atención cuidadosa al tipo y diversidad del ambiente en el cual crecen los niños (Eming-Young, 2002, 2000). Mucha de la literatura sobre educación de la infancia temprana concluye que la participación en programas de infancia temprana bien administrados, y basados en el juego, tiene impactos positivos medibles en el desempeño intelectual, en los logros sociales, la autoestima y la orientación a la tarea al entrar al colegio. La atención a la calidad de las interacciones es muy resaltado (Katz, 2003).

A.4.2. El foco curricular y pedagógico en el desarrollo de los niños pequeños

Las diferentes comprensiones del niño que tienen los educadores de Educación y Cuidado de la Infancia Temprana (ECIT) pueden dar como resultado diferencias sustanciales en los procesos curriculares y pedagógicos y en los resultados para los niños. Los adultos que interactúan con los niños pequeños pueden considerar al niño como: una personalidad única en el presente; un ciudadano con derechos individuales y la posibilidad de escoger su participación en eventos y actividades; un individuo del futuro que debe ser preparado para los desafíos predeterminados a venir; o, debido a su edad, una persona que es incapaz o incompetente y necesita directrices específicas; o justificando el ser ignorado por los adultos. Tanto los supuestos de los padres y de los educadores acerca del niño, como el conocimiento de ambos (padres y educadores) de qué es lo que los niños saben o serían capaces de hacer en una etapa determinada (lactancia, niño pequeño, prekínder, kínder), moldean el tipo de medio ambiente de aprendizaje que los niños encuentran en su casa y en los centros de cuidado infantil temprano. Claramente el aprendizaje informal es una parte fundamental en la vida de los lactantes, niños pequeños y preescolares. Los programas que permiten oportunidades de juego y de participación social no preparadas de antemano, que rodean a los niños de medio ambientes letrados, y que apoyan la indagación, son generalmente considerados importantes por los educadores de la infancia temprana.

Los descubrimientos como que el desarrollo de la corteza prefrontal en los niños pequeños depende de las relaciones de cariño, placer y cuidado con sus cuidadores significativos; la secreción de altos niveles

de cortisol en situaciones de estrés prolongado; el ritmo metabólico más alto en el cerebro de un niño y su mayor capacidad para las conexiones sinápticas en la infancia temprana (NSCDC, 2005, 2004a, 200b) sugieren elementos importantes con relación a un medio ambiente sano en la primera infancia: apego seguro y cuidado primario, experiencias sensoriales variadas, cuidado atento. Cuando las necesidades básicas de los niños están satisfechas (salud, nutrición, crianza y cuidado), las condiciones óptimas están dadas para el crecimiento de disposiciones sanas, el desarrollo de la confianza, de habilidades críticas y resolución de problemas y cooperación (Ramey Ramey, 2000).

Desde una perspectiva educacional, la habilidad de poner atención cambia significativamente a través de los años preescolares, y en consecuencia permite hacer cambios en el currículo preescolar y en el foco pedagógico, a medida que los niños van creciendo y avanzan hacia la escuela primaria. El crecimiento de los niños pequeños a niños preescolares, normalmente conlleva la capacidad de los niños de poner atención más sostenida, si bien es difícil para ellos el retener esta atención por cosas que no son destacadas. Esto es importante para comunicar cómo aprenderán efectivamente los niños en ambientes educacionales en las diferentes etapas de desarrollo. Los programas que buscan construir desde los intereses de los niños y le sacan partido a los momentos de enseñanza espontáneos, con frecuencia surgen en ambientes de juego espontáneo y gradualmente (con los años) pasan a ser más formales, en concordancia con el desarrollo de los niños.

A.4.3. Ambientes de aprendizaje que apoyan el desarrollo del lenguaje

La primera infancia es un período muy influyente para la adquisición y desarrollo del lenguaje. Debido a que los niños crecen, aprenden y participan en una sociedad contemporánea, el desarrollo de la alfabetización requerirá de la adquisición de competencias en variados ambientes comunicacionales y multitextuales, en espacios políglotas. Aprender los matices de la cultura y del medio ambiente, y la capacidad de comunicarse a través de sistemas de símbolos múltiples (verbales, escritos, dramáticos, artísticos…) es normalmente parte del proceso de aprendizaje y desarrollo de los niños pequeños. Burchinal *et al.* (2000, 2002) citan evidencias de que la calidad del cuidado infantil y la capacitación del

personal en los centros de cuidado está vinculado con mediciones más altas de desarrollo cognitivo y del lenguaje. Las experiencias directas en diferentes actividades comunicativas, con sus amigos y los adultos ayuda al desarrollo de las competencias comunicativas y de lenguaje de los niños –siendo importante para los logros de los niños, el equilibrio relativo de la estimulación, la consistencia y el alentarlos–. La curiosidad infantil (y las preguntas que hacen) entrega la clave para aprender acerca de sus comprensiones y pensamientos. El proceso de hacer, interactuar y hablar para clarificar el pensamiento es evidente en diferentes tipos de ambientes informales de aprendizaje temprano.

> La promoción de acrecentar las relaciones está basada en el continuo dar y recibir del niño ("acción e interacción") con una contraparte humana, quien le entrega lo que ninguna otra cosa en el mundo puede entregarle: experiencias que están individualizadas para la personalidad y estilo único del niño; para construir basándose en sus propios intereses, capacidades e iniciativas; que dan forma a la conciencia de sí mismo del niño; y que estimula el crecimiento de su corazón y de su mente (NSCDC, 2004ª,p. 1).

La sensibilidad con el contexto debería vacunar a los educadores de infancia contra el uso y transmisión de programas "predeterminados y formateados" para los niños pequeños –aquellos preparados para el niño "típico", para los niños de una edad cronológica específica, o programas populares sacados de diferentes sitios geográficos y contextos–. Estos programas, aplicados sin sensibilidad al contexto, son normalmente de baja calidad, porque carecen de consideración respecto a los niños de la localidad y de sus circunstancias. La sensibilidad al contexto les permite a los educadores reconocer y emplear diversas formas de aprendizaje, de ver, de crear y de representar ideas con los niños.

A.4.4. Estrategias usadas por los educadores para apoyar el aprendizaje en la primera infancia

Las prácticas contemporáneas del educador de infancia temprana se desarrollaron principalmente a través del siglo XX, influidas por los estudios de desarrollo infantil, por las investigaciones y teorías educacionales y psicológicas infantiles, los intereses y directrices de las políticas

gubernamentales acerca de los servicios infatiles y mediante el ritual y la rutina. Los programas y prácticas especiales no se han desarrollado normalmente sobre la base de una investigación científica sólida o de una evaluación cuidadosa de las teorías existentes. Las estrategias usadas habitualmente por los educadores de infancia temprana en los ambientes de aprendizaje de ECIT incluyen:

- *Escuchar a los niños:* Considerando fundamental el saber acerca de las estrategias de aprendizaje que los niños aportan al problema o actividad, la fuerza que ellos tienen y los puntos donde pueden ayudar aquellos con mayor conocimiento.
- *Escuchar y coordinarse con los padres y los miembros de la familia:* Para establecer las fortalezas e intereses de los niños, para aprender de sus disposiciones y saber cómo se media en la casa el desarrollo y aprendizaje de los niños.
- *Establecer conocimientos comunes:* El explotar situaciones cuando los niños están juntos en grupos, como en los Jardines Infantiles, entrega una experiencia común y una base común para expandir el pensamiento de los niños. Incentivar a los niños a recordar experiencias relacionadas con una tarea actual, se ha visto que construye continuidad del aprendizaje y establece nuevos conceptos y comprensiones.
- *Usar modelamiento positivo:* Las estrategias metacognitivas modeladas por el educador que regulan el logro de objetivos (¿cuál es mi problema? ¿cuál es mi plan? ¿cómo voy a proceder? ¿qué funciona? ¿cómo lo se?), se ha visto que impactan positivamente en las conductas de aprendizaje de los niños pequeños. Pedirle a los niños que hagan predicciones y construyan teorías para explicar eventos en los cuales ellos han mostrado interés, se ha visto que mantiene a los niños interesados y activos (¿Qué es lo que piensas? ¿Por qué piensas eso?).
- *"Reconocer":* Meade y Cubey (1995) han notado que reflejarle a los niños en palabras lo que están haciendo en acciones ayuda a clarificar el proceso y las ideas. El "andamiaje" de las experiencias "activas"* de los niños, es un rol clave del educador en medio ambientes de aprendizaje temprano.

* N. del T. En inglés, la expresión es "*hands on*" equivale en castellano a "con las manos en la masa".

- *Entregar instrucciones específicas* en ciertas áreas de destrezas o habilidades se piensa que es importante. Por ejemplo, la investigación acerca de la alfabetización emergente sugiere para los niños mayores en su etapa preescolar que necesitan una creciente conciencia fonológica y conocimiento grafo-fonético para una lectura exitosa. Los juegos (rimas, clasificaciones, número impar fuera, etc.) pueden ser usados para practicar y construir repetición. La enseñanza de rutinas que aseguren la seguridad e higiene personal son considerados importantes.
- *Utilizar tiempo en observaciones:* los educadores pueden quedarse afuera o integrarse a las actividades de los niños de acuerdo con los eventos de aprendizaje que estén sucediendo. Generalmente, se ha visto como importante para los niños, tener el control de su aprendizaje de una forma respaldada.
- *Celebrar la diversidad:* los educadores pueden actuar para aprobar y expandir el conocimiento de los niños de diversos idiomas y dialectos, y estar atentos al enfoque de las distintas materias de diversas maneras (musical, basado en un cuento, de un juego, de descubrimiento, una pintura, en forma artística, una deducción lógica), dándose cuenta de que el aprendizaje de los niños ocurre de diversas maneras y pueden mostrar su comprensión mediante el uso de diferentes medios simbólicos.
- *"Focalizar" mediante el recuerdo y la repetición:* las preguntas de los educadores de infancia, las explicaciones y el unir un conjunto de distintos eventos se ha visto que puede ayudar a los niños a focalizar y a progresar en su comprensión.
- *Asegurar que los niños experimenten diferentes situaciones para hablar y escuchar* de modo de ampliar las experiencias comunicacionales. Esto es considerado por algunos educadores de infancia como un rol importante para los adultos cuando interactúan con los niños pequeños.

La comprensión actual del crecimiento del cerebro nos entrega una apreciación de cómo la biología y el medio ambiente –el contexto de aprendizaje– están unidos de forma inextricable. Los educadores de infancia consideran a los niños pequeños como aprendices activos y consideran cada nivel de desarrollo y las características individuales de cada niño, en el contexto de su familia y comunidad (Gilkerson, 2001).

A.5. ¿Qué desafíos existen al integrar las investigaciones de neurociencia y de educación temprana?

Hay diferencias de propósito y de enfoque en la investigación neurocientífica y educacional. Los neurocientíficos están recién comenzando a aprender cuáles son las experiencias que cablean el cerebro y en qué forma. El grado en que las investigaciones con animales pueda tener aplicaciones para los humanos, significa que esa investigación es un punto de partida para serias especulaciones sobre el funcionamiento del cerebro humano y los mecanismos de aprendizaje de los niños pequeños. Las nuevas tecnologías permiten la observación del cerebro humano durante el procesamiento activo y la cognición, pero derivar implicaciones de los estudios neurocientíficos para la educación y el desarrollo infantil está lejos de ser una ciencia exacta (Frost, 1998, p. 12).

El diseño transdisciplinario de interrogantes y métodos para el estudio de los niños y el cerebro ofrece inmejorables oportunidades para la comprensión de los elementos clave y mecanismos del desarrollo humano y el aprendizaje. Sin embargo, hay problemas cuando se relaciona la educación con la neurociencia. Primero, la noción de "períodos sensibles" en el desarrollo del cerebro puede estar bien establecida, pero el alcance con que esto es transformado en la prensa popular y en la defensa de las políticas como una razón para apoyar el aumento de la educación de la infancia temprana, es problemático. Bruer (1999a y b) cita esto como una instancia donde los neurocientíficos especularon acerca de las implicaciones de su trabajo para la educación y donde los educadores, sin sentido crítico, adoptaron la especulación. Segundo, las teorías que compiten dentro de la neurociencia y dentro de la educación requieren diseños de investigación cuidadosos que aborden científicamente la teoría, de modo de avanzar en este campo. Tercero, la mayor parte de las investigaciones acerca de las personas que estudian el papel de la experiencia en el moldeamiento del desarrollo cerebral se han focalizado en los efectos del abuso y del abandono en la primera infancia. La evidencia empírica sobre el rol de la experiencia en moldear el desarrollo cerebral en niños sin experiencias de privación continúa siendo virtualmente inexistente. El trabajo con niños pequeños desarrollados por lo general puede ayudar a iluminar los procesos del desarrollo del cerebro, algo de interés por su propio mérito, así como por su potencial para promover la salud y el bienestar (Reid y Belksy, 2002, p. 584).

Algunos argumentan que es prematura la aplicación de los descubrimientos de la neurociencia cognitiva directamente a la enseñanza. Bruer (1999a y b) sostiene que en la educación de la infancia temprana es de mayor beneficio la *aplicación* de prácticas de enseñanza cognitivas en lugar de descubrimientos neurológicos. Incluso se dice que los neurocientíficos no tienen suficiente información acerca de la relación entre el funcionamiento neural y las prácticas de instrucción como para asesorar a los educadores (Winters, 2001, p. 4). Sin duda, es necesario ejercer un nivel de prudencia cuando se abordan los descubrimientos neurocientíficos en un contexto educacional.

A medida que los educadores de infancia temprana asumen una perspectiva que abarca todos los aspectos del desarrollo –integrando el conocimiento del cerebro con ideas acerca del desarrollo del niño– debería aumentar la comprensión del desarrollo y del niño (Gilkerson y Kopel, 2004). Las prácticas actuales que apoyan los programas de infancia temprana, e informadas en esta publicación (ej. Experiencia multisensorial y juego, andamiaje del pensamiento, actividades iniciadas por el niño, relaciones sociales), entregan directrices, primero sobre la base de la tradición, de la experiencia anecdótica y de la investigación educacional. La mayor parte de las prácticas apoyadas parecen no estar en conflicto con los descubrimientos neurocientíficos actuales. La clave para hacer avanzar las prácticas educacionales se encuentra en la integración de las teorías de aprendizaje y los estudios neurocientíficos que reúnen evidencia sobre programas para niños eficientes y enriquecedores.

Núria Sebastián-Gallés y Collette Tayler

A.6. Las respuestas de los profesionales

Las observaciones de la neurociencia y sus explicaciones del fenómeno educacional parecen mirar la educación a través del misticismo, éste fue el primer pensamiento que se me vino a la cabeza después de hojear esta ponencia. Es como mirar la educación desde los ojos de un profeta o un sabio, quien está consciente de cada uno y de todo los sucesos dentro de los órganos, tejidos, y células, e incluso más allá de lo profundo, cuando se ejecuta una acción o se piensa una idea. La pregunta es, igual que en el caso de los hombres sabios, ¿pueden los descubrimientos de la investigación en neurociencia influir el aprendizaje de la forma deseada? Si la

respuesta es afirmativa, entonces, ¿cómo y cuándo comenzar? En lo que a "dónde" concierne, nada es más apto que en la plataforma de la educación y el cuidado de la infancia temprana (ECIT, sigla en castellano).

La experiencia temprana tiene un enorme impacto en la vida posterior. Viendo esto desde la nueva luz del sistema de circuitos neuronales, nos lleva a la idea de que el ambiente del comienzo de la vida debería tener la mayor cantidad posible de experiencias multisensoriales. Esto puede significar que las prácticas de crianza de los niños alrededor del mundo necesitan reformular un poco sus esfuerzos hacia la entrega de estímulos de tipo táctil, sonido, gusto, visión y olfato a la edad de seis meses e incluso antes. La India tiene una rica tradición de tocar música armoniosa, o la antigua sabiduría védica a la mujer embarazada, con la creencia de que haciendo esto se facilita el viaje de los pequeños a través de la gestación, se influye positivamente en la vida después del nacimiento y se ayuda a mantener a la madre calmada y feliz. Se ha encontrado que muchos recién nacidos reaccionan a los sonidos ambientales escuchados antes del nacimiento.

Mientras antes aprenda a controlar sus emociones un lactante o un niño pequeño, mejor es para el aprendizaje. El control de las emociones puede ser facilitado a través de la práctica del sistema hindú para el desarrollo holístico de la mente y del cuerpo conocido como yoga y meditación. Aún se necesita mayor evidencia de investigación científica con relación a los efectos del yoga y la meditación en el desarrollo del lóbulo frontal.

"La exposición individual repetida a experiencias, resultará en la mielinización de las sinapsis relevantes". Esto pareciera entregar la justificación para exponer a los lactantes y niños pequeños a experiencias de aprendizaje estructuradas y significativas, a través de actividades prescritas en los centros de ECIT. SI bien se entregan oportunidades para muchas experiencias, no se puede predecir con seguridad cuál de todas atraerá a qué niño, y en qué medida. Esto nos conduce a las diferencias individuales en los niños más pequeños (digamos de un año y menores).

El rol jugado por las experiencias tempranas recomienda fuertemente el fortalecer, mejorar y establecer sistemas efectivos de ECIT en todo el mundo.

"De acuerdo con el nivel de edad [...] redes neuronales". Esto parece sugerir dos cosas: la primera, mientras más diversas sean las experiencias sensoriales, más desarrollado estará el cerebro, es decir se formarán y mielinizarán más sinapsis. Segundo, mientras más se repita una experiencia, mejor es para la fuerza de la red neuronal.

Basados en los descubrimientos de la neurociencia, el *momento oportuno y la secuencia* parecen entregar nuevas explicaciones a los conceptos básicos de la educación y cuidado de la infancia temprana (ECIT) como la disposición a la escuela, disposición a la lectura etcétera.

La *plasticidad:* los lactantes y niños pequeños se adaptan con más facilidad a las nuevas situaciones/experiencias e ideas en comparación a los adultos. Esto podría deberse a las sinapsis recién formadas, a la vez que a la fácil disponibilidad de neuronas en este rango etario, mientras que en los adultos la dificultad podría deberse a que el cerebro no es tan plástico, comúnmente hablando corresponde a tener ideas y/o nociones fijas.

Los *períodos críticos o sensibles* en el desarrollo neuronal: tienen un gran significado para los niños con diferentes habilidades, con discapacidades, y los niños dotados y talentosos. Esto coloca a la vanguardia todo un nuevo conjunto de interrogantes para la investigación. Decir, por ejemplo: ¿Podría introducirse el talento? ¿Podrían prevenirse las discapacidades? ¿Es el talento el resultado de encontrar los estímulos específicos en ciertos períodos críticos o sensibles en el desarrollo neural? ¿Puede ser explicada la creencia en los genios genéticos simplemente sobre la base de los estímulos correctos en el momento correcto?

Los períodos sensibles definidos en forma general y cronológicamente similares para todos los seres humanos podrían implicar que cada niño individual tiene el potencial inherente para llegar a ser un genio. La importancia de los primeros dos años de vida puede resultar en un replanteamiento y en una redefinición de la edad de entrada al preescolar.

La adquisición del lenguaje es uno de los mayores hitos del desarrollo. Hoy día las investigaciones en neurociencia han confirmado lo que había sido probado antes por los investigadores en otras áreas, es decir, la habilidad de los lactantes y niños pequeños para aprender cualquier idioma con la misma facilidad.

"La práctica conduce a la perfección, parece ser cierto al nivel de las neuronas y las sinapsis." El éxito de los programas de educación de adultos es una evidencia clara del aprendizaje más allá de los períodos sensibles. La falta de disponibilidad de neuronas listas y de sinapsis mielinizadas podría dar cuenta, comparativamente, de la gran cantidad de energía y esfuerzo requeridos a esa edad.

Si las sinapsis mielinizadas o los circuitos neuronales indican aprendizaje, entonces podríamos decir que la pérdida de memoria o del aprendizaje temporal se debe a una poda?

El aprendizaje a partir de experiencias individuales inusuales continúa teniendo efectos neurológicos a través de toda la vida, y apoya maravillosamente el enfoque educacional de aprender haciendo.

Las *neuronas espejo* parecen sugerir la posibilidad de poderse inculcar la empatía mediante experiencias cuidadosamente estructuradas, y a su vez llevar hacia una sociedad y comunidad moralmente superior. En este momento necesitamos ser cuidadosos acerca del impacto negativo de las tendencias de delincuencia. El campo de las neuronas espejo es muy estimulador y parece encerrar muchas promesas. ¿Podemos decir que profesionales como los consejeros, quienes parecen entender las emociones de otros, podrían aparentemente haber aprendido a hacer esto como resultado de su formación, pero en realidad ellos podrían estar afinando de manera sensible sus neuronas espejo?

El descubrimiento neurocientífico sobre los efectos de las experiencias iniciales de las personas en su vida posterior nos hace una demanda actualizada a la causa de los programas de ECIT. Los lactantes y niños pequeños criados en ambientes ricos de cuentos leídos gentilmente, con frecuencia adquieren el pasatiempo de leer más tarde en la vida, mientras que la ausencia de estas actividades no necesariamente da como resultado un desagrado por los libros.

Un énfasis muy necesitado ha sido focalizado mundial y merecidamente en programas de cuidado de de madre y niño en el período prenatal, incluyendo las campañas de vacunación sin costo, conciencia del cuidado adecuado, higiene, salud y nutrición de la madre embarazada. Una vez que el bebé ha nacido, el foco se deriva hacia la lactancia del bebé,

con leche materna, por al menos los primeros seis meses. A la luz de los descubrimientos de la neurociencia, el período entre los seis meses y los tres años (edad preescolar) necesita un cuidado apropiado.

Los estudios relacionados con las familias nucleares y extendidas podrían arrojar alguna luz sobre los efectos de la *complejidad ambiental*.

La *plasticidad neuronal:* en verdad, podría no estarle permitido a la ECIT asumir ni la total responsabilidad ni el crédito por los resultados en la vida a futuro, debido a la naturaleza dinámica del cerebro; sin embargo, la influencia de experiencias enriquecedoras al comienzo de la vida no se pueden ignorar por completo. Los programas efectivos de ECIT podrían ahorrar muchos esfuerzo y energía posteriormente en la vida, igual como el tomar precauciones puede prevenir la aparición de enfermedades o desastres a largo plazo.

El aprendizaje de los niños domina la infancia temprana: cualesquiera sean las sugerencias que la investigación educacional haya estado haciendo, ella están ahora respaldadas por los descubrimientos de la investigación neurocientífica. Es como ganar testigos nuevos e importantes.

Las semillas de la inteligencia humana hasta ahora han sido miradas como conceptos abstractos medidos a través de coeficientes de inteligencia, coeficientes emocionales y coeficientes espirituales. Esto ahora necesita ser revisado en términos de conexiones sinápticas a un nivel más profundo pero tangible.

Los descubrimientos iniciales acerca de que el sistema de circuitos neuronales en las primeras etapas de vida puede ser influido, puede ayudar al descubrimiento de medidas preventivas para las discapacidades o puede llevarnos hacia nuevos enfoques de intervención.

La pedagogía de ECIT se orienta hacia el logro de la autodependencia y a la instalación de cimientos sólidos para la vida futura. Se piensa que éste debe ser el tiempo para el cuidado de una alimentación saludable y hábitos relacionados con el sueño y la higiene. A la luz de los descubrimientos microgenéticos sobre el aprendizaje de los niños, las prácticas pedagógicas de ECIT deberían entregar más y más oportunidades para experiencias multisensoriales y aprendizaje por descubrimiento. Se

necesita cambiar levemente el foco desde el logro de una autodependencia básica a facilitar la comprensión conceptual respecto a la moralidad.

Si necesitamos asumir con seriedad *la interacción con los lactantes y niños pequeños*, entonces se necesita invertir mucho en una efectiva capacitación de las destrezas o habilidades de los educadores/cuidadores, a la vez que campañas de concientización masiva hacia el mejoramiento del estatus social de los mismos. Se necesita pensar más y más maneras de atraer a personas altamente educadas y letradas.

La erosión de las relaciones: coloca a la vanguardia la preocupación por los niños afectados por los desastres naturales como los tsunami, el abuso en prisión, el trabajo infantil forzado, la victimización por la guerra y los accidentes.

Los servicios de ECIT *no son una "varita mágica"*, pero son un paso significativo hacia cimientos sólidos y saludables.

Los matices del juego y el aprendizaje en este período: el aprendizaje debería ser divertido y mientras más pronto comience la entretención es mejor.

La idea general de construir basándose en los intereses de los niños, y de utilizar las instancias de enseñanza que surgen de manera espontánea deberían ser extendidos hasta, al menos, la escuela primaria, con mucho menos formalidad o estructura en las actividades diarias del colegio.

Ahora que la investigación neurocientífica está también apoyando el hecho de que los más jóvenes están más capacitados para aprender nuevos idiomas en comparación a los adultos, la ECIT debería orientarse a brindar experiencias de otro idioma aparte de la lengua materna. Se deben hacer grandes esfuerzos para entregar oportunidades de autoexpresión a través del arte y el drama.

¿Por qué no contratar como cuidadores/educadores a personas bilingües, políglotas, personas dotadas de múltiples talentos en los centros de ECIT?

Se requiere mucho esfuerzo en el área del desarrollo de paquetes de capacitación para los educadores de los centros de ECIT, focalizados

al desarrollo de talentos múltiples, intereses y destrezas o habilidades necesarias para el trabajo en los centros de ECIT.

La sensibilidad al contexto: los padres y los líderes de la comunidad también necesitan ser vacunados contra el uso y transmisión de programas predeterminados y formateados para los niños pequeños. En la actualidad, la ECIT parece estar gobernada por las reglas del mercado, es decir, lo que sea solicitado por el cliente, el proveedor lo brinda; en este caso el cliente (los padres) necesita tomar conciencia de las consecuencias de sus demandas actuales.

Las estrategias utilizadas por los educadores de infancia: las estrategias empleadas por los educadores de infancia, acertadamente enumeradas en esta ponencia, pueden ser reagrupadas como sigue, destacando la diversidad de descubrimientos existentes en más de un grupo:

- Penetrar en el mundo fenomenológico: a través de escuchar, de la observación y la coordinación con los padres y miembros de la familia.
- El currículo: está definido o planificado cuando lo orientamos a establecer un conocimiento común y a celebrar la diversidad.
- La instrucción en la aula: a través de un modelaje positivo, de un reconocimiento, de entregar instrucciones específicas, focalizando a través de la memoria y la reinstalación, celebrando la diversidad.
- El desarrollo del lenguaje: es facilitado asegurando que los niños experimenten diversas situaciones de conversación y de comprensión oral, y también celebrando la diversidad.

Todas estas estrategias pueden ayudar a la construcción y mielinización de las sinapsis. En cierta medida, lo que ha sido hecho en ECIT hasta ahora puede ser bellamente explicado por la neurociencia.

Períodos sensibles: no hay duda de que se necesita entregarles su debida importancia a través de mayor investigación, ambas en ECIT y en neurociencia. Esto lo convierte en un argumento sólido para reforzar y financiar la ECIT en todo el mundo.

La existencia de teorías que compiten dentro de la neurociencia y la educación definitivamente requiere de un diseño de investigación cuidadoso, que lleve a un consenso general. Esto a su vez puede traer a la superficie pensamientos, ideas y enfoques originales para hacer la ECIT más eficaz.

Aparte de estudiar el papel de la experiencia en moldear el desarrollo cerebral, respecto a los niños que crecen de manera normal, se necesita desarrollar estudios similares para prevenir las dificultades de aprendizaje y las discapacidades.

Según mi opinión, no es prematura la aplicación de los descubrimientos de la neurociencia cognitiva a la enseñanza. A la fecha, estos descubrimientos son muy alentadores y parecen estar en directa concordancia con el pensamiento educacional. La recolección de más información para ayudar a los educadores acerca de la relación entre el funcionamiento neuronal y la práctica de instrucción, parece llevarnos al detalle del tema nativo de ¿quién llegó primero, el huevo o la gallina?

Bharti

Bibliografía

Ansari, D. (2005), "Commentaries. Paving the Way towards Meaningful Interactions between Neuroscience and Education", Blackwell Publishing, pp. 466-467, *www.dartmouth.edu/~numcog/pdf/Blakemore%20and%20Frith%20Commentary.pdf?sid=587019*.

Barnett, W.S. (1995), "Long-term Outcomes of Early Childhood Programs", *Future of Children*, vol. 5, núm. 3, pp. 25-50.

Bauer, P.J. (2002), "Long-term Recall Memory: Behavioral and Neurodevelopmental Changes in the First Two Years of Life", *Current Directions in Psychological Science*, vol. 11, num. 4, pp. 137-141.

Blakemore, S.J. y U. Frith (2005), "The Learning Brain. Lessons for Education: A précis", *Developmental Science*, vol. 8, núm. 6, pp. 459-471.

Brainard, M.S. y A.J. Doupe (2002), "What Songbirds Teach us about Learning", *Nature*, vol. 417, 16 de mayo, pp. 351-358.

Brandt, R. (1999), "Educators Need to Know about the Human Brain", *Phi Delta Kappan*, noviembre, pp. 235-238.

Brooks-Gunn, J. (1995), "Strategies for Altering the Outcomes of Poor Children and their Families", en P.L. Chase-Lansdale y J. Brooks-Gunn (eds.), *Escape from Poverty: What Makes the Difference for Children?*, Cambridge University Press, Nueva York, pp. 87-117.

Brooks-Gunn, J. (2003), "Do you Believe in Magic? What we Can Expect from Early Childhood Intervention Programs", *Social Policy Report*, vol. 17, núm. 1, pp. 3-14.

Bruer, J.T. (1997), "Education and the Brain: A Bridge too Far", *Educational Researcher*, vol. 26, núm. 8, pp. 4-16.

Bruer, J.T. (1999a), "In Search of Brain-Based Education", *Phi Delta Kappan*, mayo, pp. 649-657.

Bruer, J.T. (1999b), *The Myth of the First Three Years*, Free Press, Nueva York.

Burchinal, M.R., J.E. Roberts, R.Jr. Riggins, S.A. Zeisel, E. Neebe y D. Bryant (2000), "Relating Quality of Center-based Child Care to Early Cognitive and Language Development Longitudinally", *Child Development*, vol. 7, núm. 2, pp. 339-357.

Burchinal, M.R., D. Cryer, R.M. Clifford y C. Howes (2002), "Caregiver Training and Classroom Quality in Child Care Centers", *Applied Developmental Science*, vol. 6, núm. 1, pp. 2-11.

Changeux, J.P. y S. Dehaene (1989), *Cognition*, vol. 33, pp. 63-109.

Clark, J. (2005), "Explaining Learning: From Analysis to Paralysis to Hippocampus", *Educational Philosophy and Theory*, vol. 37, núm. 5, pp. 667-687.

Crick, F. (1994), *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*, Scribner, Nueva York.

Cunha, F., J. Heckman, L. Lochner y D.V. Masterov (2005), "Interpreting the Evidence of Life-Cycle Skill Formation", *IZA Discussion Paper Series, No. 1575*, Institute for the Study of Labour, Bonn, Alemania, julio.

Davies, M. (2002), "A Few Thoughts about the Mind, the Brain, and a Child in Early Deprivation", *Journal of Analytical Psychology*, vol. 47, pp. 421-435.

Davis, A. (2004), "The Credentials of Brain-based Learning", *Journal of Philosophy of Education*, vol. 38, núm. 1, pp. 21-35.

Dunn, J., C. Slomkowski y L. Beardsall (1994), "Sibling Relationships from the Preschool Period through Middle Childhood and Early Adolescence", *Developmental Psychology*, vol. 30, pp. 315-324.

Dyckman, K.A. y J.E. McDowell (2005), "Behavioral Plasticity of Antesaccade Performance Following Daily Practice", *Experimental Brain Research*, vol. 162, pp. 63-69.

Eming-Young, M. (2000), *From Early Child Development to Human Development*, World Bank, Washington DC.

Eming-Young, M. (2002), *Early Childhood Development: A Stepping-stone to Success in School and Life-long Learning*, Human Development Network Education Group.

Fagiolini, M. and T.K. Hensch (2000), “Inhibitory Threshold for Cortical-period Activation in Primary Visual Cortex”, *Nature*, vol. 404, pp. 183-186, marzo.

Frost, J.L. (1998), “Neuroscience, Play and Child Development”, Documento presentado por la IPA/USA Triennial National Conference, ERIC Document 427 845, PS 027 328.

Gazzaniga, M. (1998), *The Mind's Past*, University of California Press, Berkeley.

Gilkerson, L. (2001), “Integrating and Understanding of Brain Development into Early Childhood Education”, *Infant Mental Health Journal*, vol. 22, núms. 1-2, pp. 174-187.

Gilkerson, L. y C.C. Kopel (2004), “Relationship-based Systems Change: Illinois' Model for Promoting the Social-emotional Development in Part C Early Intervention”, *Occasional Paper No. 5*, Erikson Institute, Herr Research Centre.

Gopnik, A., A. Meltzoff y P. Kuhl (1999), *The Scientist in the Crib. What Early Learning Tells us about the Mind*, Harper Collins, Nueva York.

Goswami, U. (2004), “Neuroscience and Education”, *British Journal of Educational Psychology*, vol. 74, pp. 1-14.

Goswami, U. (2005), “The Brain in the Classroom? The State of the Art. Commentaries”, Blackwell Publishing, pp. 467-469, *www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-7687.2005.00436.x*.

Greenhough, W.T., J.E. Black y C.S. Wallace (1987), “Experience and Brain Development”, *Child Development*, vol. 58, núm. 3, pp. 539-559.

Greenhough, W.T., T.C. Maddon y T.B. Fleischmann (1972), “Effects of Isolation, Daily Handling and Enriched Rearing on Maze-learning”, *Psychenomic Science*, vol. 27, pp. 279-280.

Hancock, L. y P. Wingert (1997), “The New Preschool” (número especial), *Newsweek*, 129, 3637, primavera-verano.

Hannon, P. (2003), “Developmental Neuroscience: Implications for Early Childhood Intervention and Education”, *Current Paediatrics*, vol. 13, pp. 58-63.

Heckman, J.J. y L. Lochner (1999), “Rethinking Education and Training Policy: Understanding the Sources of Skill Formation in a Modern Economy”, mimeógrafo, octubre.

Ito, M. (2004), “‘Nurturing the Brain as an Emerging Research Field Involving Child Neurology”, *Brain and Development*, vol. 26, pp. 429-433.

Karoly, L.A., P.W. Greenwood, S.S. Everingham, J. Hoube, M.R. Kilburn, M. Rydell, M. Saunders y J. Chieas (1998), *Investing in our Children: What we Know and Don't Know about the Costs and Benefits of Early Childhood Interventions*, RAND, Nueva York.

Karoly, L., R. Kilburn, J. Bigelow, J. Caulkins y J. Cannon (2001), *Assessing the Costs and Benefits of Early Childhood Intervention Programs: Overview and Application to the Starting Early Starting Smart Program*, RAND Publication MR1336, Nueva York.

Katz, L. (2003), “State of the Art in Early Childhood Education 2003”, ERIC Document, núm. 475 599.

Kim, K.H.S., N.R. Relkin, K.M. Lee and J. Hirsch (1997), “Distinct Cortical Areas Associated with Native and Second Languages”, *Nature*, vol. 388, pp. 171-174.

Kisilisky, B.S., S.M.J. Hains, A.Y. Jacquet, C. Granier-Deferre y J.P. Lecanuet (2004), “Maturation of Fetal Responses to Music”, *Developmental Science*, vol. 7, núm. 5, pp. 550-559.

Koenig, M.A. y P. Harris (2005), “The Role of Social Cognition in Early Trust”, *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 9, núm. 10, pp. 457-459.

Kolb, B. y I.Q. Wishaw (1998), “Brain Plasticity and Behaviour”, *Annual Review of Psychology*, vol. 49, pp. 43-64.

Kuhl, P.K. (2004), “Early Language Acquisition: Cracking the Speech Code”, *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 5, pp. 831-843.

Lally, J.R. (1998), “Brain Research, Infant Learning and Child Care Curriculum”, *Child Care Information Exchange*, vol. 5, pp. 46-48.

LeDoux, J. (2003), *Synaptic Self: How our Brains Become Who We Are*, Viking Penguin, Nueva York.

Lindsay, G. (1998), "Brain Research and Implications for Early Childhood Education", *Childhood Education*, vol. 75, núm. 2, pp. 97-101.

Lynch, R. (2004), "Exceptional Returns. Economic, Fiscal, and Social Benefits of Investment in Early Childhood Development", Economic Policy Institute, Washington DC.

Meade, A. y P. Cubey (1995), *Thinking Children: Learning about Schemas*, NZCER, W.C.E. y Victoria University, Wellington.

Mitchell, D.E. (1989), "Normal and Abnormal Visual Development in Kittens: Insights into the Mechanisms that Underlie Visual Perceptual Development in Humans", *Canadian Journal of Psychology*, vol. 43, núm. 2, pp. 141-164.

Nelson, C.A. *et al.* (2000), "The Neurobiological Bases of Early Intervention", en J.P. Shonkoff y S.J. Meisels (eds.), *Handbook of Early Childhood Intervention*, segunda edición, Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts.

NSCDC (National Scientific Council on the Developing Child) (2004a), "Young Children Develop in an Environment of Relationships", Documento de trabajo 1, verano, NSCDC, *www.developingchild.net.*

NSCDC (National Scientific Council on the Developing Child) (2004b), "Children's Emotional Development is Built into the Architecture of their Brains", Documento de trabajo 2, NSCDC, *www.developingchild.net.*

NSCDC (National Scientific Council on the Developing Child) (2005), "Excessive Stress Disrupts the Architecture of the Brain", Documento de trabajo 3, verano, NSCDC, *www.developingchild.net.*

OECD (2006), *Starting Strong II: Early Childhood Education and Care*, OCDE, París.

Posner, M.J. (2004), "Neural Systems and Individual Differences", *Teachers College Record*, vol. 106, núm. 1, pp. 24-30.

Ramey, S.L. y C.T. Ramey (2000), "Early Childhood Experiences and Developmental Competence", en J. Wolfagel y S. Danzigner (eds.), *Securing the Future. Investing in Children from Birth to College*, Russell Sage Foundation, Nueva York, pp. 122-150.

Reid, V. y J. Belsky (2002), "Neuroscience: Environmental Influence on Child Development", *Current Paediatrics*, vol. 12, pp. 581-585.

Rushton, S. y E. Larkin (2001), "Shaping the Learning Environment. Connecting Developmentally Appropriate Practice to Brain Research", *Early Childhood Education Journal*, vol. 29, núm. 1, pp. 25-33.

Rutter, M. (2002), "Nature, Nurture and Development: From Evangelism through Science towards Policy and Practice", *Child Development*, vol. 73, núm. 1, pp. 1-21.

Rutter, M., T. O'Connor y el English Romanian Adoptees Study Team (2004), "Are there Biological Programming Effects for Psychological Development? Findings from a Study of Romanian Adoptees", *Developmental Psychology*, vol. 40, núm. 1, pp. 81-94.

Shonkoff, J.P. y D.A. Phillips (2000), *From Neurons to Neighbourhoods: The Science of Early Child Development*, National Academy Press, Washington DC.

Shore, R. (1997), *Rethinking the Brain. New Insights into Early Development*, Families and Work Institute, Nueva York.

Siegler, R.S. (2000), "The Re-birth of Children's Learning", *Child Development*, vol. 71, núm. 1, pp. 26-35.

Slavin, R.E. (2002), "Evidence-based Education Policies: Transforming Educational Practices and Research", *Educational Researcher*, vol. 31, núm. 7, pp. 15-21.

Smith, P.K. y A.D. Pellegrini (2004), "Play in Great Apes and Humans", en A.D. Pellegrini y P.K. Smith (eds.), T*he Nature of Play: Great Apes and Humans*, pp. 285-298.

Sylva, K., E. Melhuish, P. Sammons, I. Siraj-Blatchford y B. Taggart (2004), "The Effective Provision of Preschool Education (EPPE) Project. Final Report", Department for Education and Skills, Londres, diciembre.

Thompson, R.A. y C.A. Nelson (2001), "Developmental Science and the Media. Early Brain Development", *American Psychologist*, vol. 56, núm. 1, pp. 5-15.

Thorpe, K., C. Tayler, R. Bridgstock, S. Grieshaber, P. Skoien, S. Danby y A. Petriwskyj (2004), "Preparing for School. Report of the Queensland

School Trials 2003/4", Department of Education and the Arts, Queensland Government, Australia.

Werker, J. y H.H. Yeung (2005), "Infant Speech Perception Bootstraps Word Learning", *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 9, pp. 520-527.

Winters, C.A. (2001), "Brain-based Teaching: Fad or Promising Teaching Method", ERIC Document 455 218, SP 040 143.

ARTÍCULO B
El cerebro y el aprendizaje en la adolescencia

Por
Karen Evans, Escuela de Aprendizaje Continuo y Desarrollo Internacional [*School of Lifelong Learning and International Development*] Universidad de Londres, Reino Unido
Christian Gerlach, Laboratorio de Aprendizaje, Dinamarca
Sandrine Kelner, Profesora Secundaria, Nancy, Francia

B.1. Introducción

El cerebro consiste en una gran cantidad de células o neuronas que constituyen la unidad básica operativa del cerebro. Durante el período del desarrollo prenatal más elevado del cerebro (10 a 26 semanas luego de la concepción) se estima que el cerebro crece a una tasa de 250 mil neuronas por minuto. Al nacer, el cerebro ya tiene la mayoría de las células que jamás habrá de tener, estimándose en entre 15 a 32 mil millones. Este tramo no solamente refleja que el recuento de células es impreciso, sino que también el número de células varía considerablemente entre las personas. Luego del nacimiento, sólo se producen neuronas en cantidades limitadas. Es claro que los cambios más notorios del cerebro luego del nacimiento ocurren en las conexiones entre las neuronas; se forman nuevas y las antiguas son reforzadas o eliminadas. Además, hay más que suficiente espacio para los cambios, dado que cualquier neurona en particular a menudo está conectada con varios miles de otras neuronas. Por mucho tiempo se supuso que tales cambios ocurrían sobre todo en la niñez, debido a que el cerebro ya tiene 90% de su tamaño adulto a la edad de seis años. Hoy en día esta creencia ha cambiado claramente. Ahora aparece como evidente que el cerebro sufre cambios significativos a lo largo de la vida. En este texto nos habremos de enfocar sobre los cambios neuronales que ocurren durante la adolescencia, un período que cubre, aproximadamente, desde los 12 hasta los 18 años de edad. Se examinará cómo se relacionan estos cambios neuronales con los

cambios significativos en la conducta, que también ocurren durante la adolescencia, y que incluyen la alteración de la regulación afectiva, comportamiento riesgosos, las habilidades en la toma de decisiones y el desarrollo de la independencia. El objetivo último será considerar qué implicaciones tienen estos cambios en el desarrollo respecto del aprendizaje, la enseñanza y la educación. Antes de embarcarnos en esto, entregaremos algún conocimiento de respaldo acerca del desarrollo cerebral al nivel microscópico (neuronal) y macroscópico (sistema cerebral).

B.2. Comprendiendo el desarrollo cerebral: ¿qué estamos observando?

B.2.1. El desarrollo cerebral a nivel microscópico

A fin de entender los cambios que experimenta el cerebro a lo largo del tiempo es necesario saber un poco acerca de cómo se compone al cerebro. La unidad funcional más pequeña del cerebro es la neurona. Consta de tres partes principales: *un cuerpo*, que contiene la maquinaria para el mantenimiento de la célula, *un axón* y varias *dendritas* que se extienden, alejándose del cuerpo celular. La función de las dendritas es recibir el impulso de otras neuronas, mientras que la función del axón es el de proporcionar impulsos hacia otras neuronas. Una neurona se comunica con otra liberando una sustancia química (un *neurotransmisor*) desde su axón, que puede tener varias puntas (*terminales*). Luego este neurotransmisor pasa una pequeña brecha antes de adosarse a los receptores en la superficie de la dendrita perteneciente a una neurona vecina. Las ubicaciones donde estos axones y dendritas están separados por estas pequeñas brechas por donde pueden pasar los neurotransmisores se llaman *sinapsis*.

La comunicación entre las neuronas está modulada por varios factores. El más notorio es el que las neuronas pueden aumentar sus números de sinapsis (*sinaptogénesis*). Sin embargo, el número de sinapsis también puede disminuir, lo cual se llama *poda*. En un nivel más sutil, la "fuerza" de la comunicación entre dos neuronas puede modularse por la cantidad de neurotransmisores liberados desde los terminales del axón, cuán rápidamente es removido el neurotransmisor de la brecha sináptica, o por cuántos receptores tiene en su superficie la neurona receptora. Estos

últimos cambios son conocidos como *reforzamiento* o *debilitamiento* de las conexiones sinápticas existentes.

Los cambios que sufren las neuronas son afectados por la experiencia del individuo. Aparentemente, esto ocurre de una forma darwiniana (supervivencia del más apto), de manera tal que las conexiones que no se usan se pierden o se debilitan, mientras que las que se usan con frecuencia son reforzadas, proporcionando formas de comunicación más eficientes y sólidas. De esta manera el aprendizaje se logra, ya sea por el crecimiento de sinapsis nuevas o mediante el reforzamiento o debilitamiento (incluso la eliminación) de las existentes. De hecho, hay evidencia sólida de ambos mecanismos, siendo el primero más prominente en la infancia y adolescencia, y el último durante la edad adulta. Por lo tanto, hablando metafóricamente, el cerebro es una escultura tallada por la experiencia.

Aparte de los cambios sinápticos, las neuronas pueden sufrir otro cambio. Para comprenderlo debemos dar una mirada a lo que ocurre cuando las neuronas se comunican. Tal como mencionamos, la comunicación ocurre mediante la liberación de un neurotransmisor desde el axón de una neurona. Sin embargo, el axón debe recibir una señal de cuándo liberar el neurotransmisor. Esto ocurre de la siguiente forma: la neurona A libera un neurotransmisor en la brecha sináptica entre la neurona A y la neurona B. Algo de este neurotransmisor habrá de pasar la brecha sináptica y apegarse a los receptores de la neurona B. Esto ocasiona que se abran bombas en la membrana de la neurona B, para que las sustancias químicas afuera de la célula entren a ella, mientras que otras salen. Si la influencia sobre la célula B es lo suficientemente fuerte –esto es, si se activa un número suficiente de bombas– el voltaje eléctrico de la célula cambiará de manera tal que ocurrirá una reacción en serie a lo largo del axón, por medio de la cual el impulso eléctrico viajará desde el cuerpo de la célula hasta el axón. Éste actúa, por así decirlo, como un tipo de cable y, tal como un cable, el axón puede transmitir la corriente (el impulso eléctrico) de forma más adecuada (con más rapidez) si está aislado. Al nacer, la mayoría de los axones no están aislados, pero sí lo estarán con el tiempo. Esto ocurre cuando son recubiertos por una funda de grasa. A este tipo de desarrollo se le llama *mielinización* (la mielina es la sustancia grasosa que constituye el aislamiento). Cuando el axón es mielinizado, el impulso eléctrico puede "saltar" a lo largo del axón en las

brechas entre las fundas grasas, en vez de arrastrarse laboriosamente a lo largo. Esto significa que los axones mielinizados pueden transmitir información hasta 100 veces más rápido que los axones no mielinizados. Así como en el caso de los cambios de las sinapsis (sinaptogénesis, poda, reforzamiento, debilitamiento), parece ser que el proceso de la mielinización puede ser dependiente de la experiencia (Stevens y Fields, 2000).

B.2.2. El desarrollo cerebral a nivel macroscópico

Las neuronas del cerebro no están conectadas al azar. Un principio común es que las neuronas que sirven una función similar o funciones similares están ubicadas cerca las unas de otras y forman conjuntos. Estos ensambles están conectados con otros, ocasionando que cierta área cerebral se encuentre conectada directa o indirectamente con numerosas otras áreas en circuitos complicados. No causa sorpresa que esto no signifique que todos los ensambles sirven la misma función. Por el contrario, muchas áreas cerebrales están altamente especializadas y subsirven funciones muy específicas. A modo de ejemplo, algunos grupos de la corteza visual codifican color, mientras que otros, así como grupos separados, codifican movimiento, forma, etc. Siempre que vemos un objeto dado, ello es producto de muchas áreas especializadas, donde cada una contribuye con un aspecto de nuestra percepción. Cuando se necesita que muchas áreas cooperen para proporcionar una función dada, nos referimos a ellas como *redes cognitivas*. Algunas funciones parecen estar en su lugar al nacimiento. Quizá éste sea el caso de la operación que segmenta el habla en palabras (Simos y Molfese, 1997). (A menudo no hay espacio entre la pronunciación de las palabras individuales, por lo que es una buena tarea aclarar donde termina una y comienza la otra). Otras funciones deben ser "construidas". La habilidad lectora exige una red compleja que involucra muchas áreas cerebrales diferentes. Esta red no se encuentra en su lugar al nacimiento, sino que debe formarse conectando y coordinando la actividad de muchas áreas especializadas. En parte debido a esto, la habilidad lectora demanda una gran cantidad de instrucción, mientras que la comprensión del lenguaje hablado parece ocurrir espontáneamente, esto es, sin instrucción formal.

B.2.3. El desarrollo cerebral puede ser examinado en múltiples niveles

El conocimiento del desarrollo cerebral a nivel microscópico proviene del estudio de las neuronas en animales. Debido a que no hay mucha diferencia entre una neurona en un animal y en un humano, este conocimiento también es válido para los humanos. Los estudios a este nivel son menos informativos cuando nos interesamos en la relación entre las funciones cognitivas y los cambios neurales. Ello es así porque las neuronas se comportan de la misma forma, y su desarrollo es conducido por los mismos principios generales, sin importar si se encuentran ubicadas en el frente o en la parte posterior del cerebro, aún si las funciones que subsirven son muy distintas. Si queremos saber algo de las funciones cognitivas deben examinarse al mismo tiempo regiones de gran tamaño y, de preferencia, el cerebro por completo. Además, si queremos comprender el desarrollo humano es más natural estudiar los cerebros humanos que los cerebros de monos (aunque sean bastante similares).

Hasta hace aproximadamente un par de décadas, esto significó que los estudios sobre el cerebro humano se encontraban limitados a exámenes *post mortem*. Aunque uno puede lograr mucho conocimiento acerca del cerebro cortándolo en rebanadas delgadas, este método sufre de la limitación de que a menudo tales cerebros pertenecían a ancianos o a personas enfermas. Esto complica el estudio del desarrollo normal del cerebro. Habiendo dicho esto, se debe admitir que partes sustanciales del desarrollo del cerebro humano ya estaban trazadas en un mapa en 1901, basados en este método. El trabajo fue desarrollado por Paul Flechsig a finales del siglo XVIII. Al examinar el grado de mielinización en áreas diferentes del cerebro a diferentes edades, Flechsig produjo mapas que indicaban la maduración progresiva de diferentes áreas cerebrales. Se puede obtener una gran cantidad de información útil a partir de estos mapas. A modo de ejemplo, podemos ver que las áreas que sirven la consolidación del conocimiento en la memoria de largo plazo (la parte medial de los lóbulos temporales) maduran antes que las partes frontales, que median la memoria operativa (la parte de la memoria de corto plazo donde la información se manipula activamente). Si bien los descubrimientos de Flechsig han sido confirmados por estudios más recientes, sus mapas dejan bastante que desear. Por una parte, sería útil saber en qué momento en particular de la ontogénesis (historia del desarrollo del

individuo) maduran las diferentes áreas y cuándo se completa este desarrollo. También sería interesante saber si los niños y los adultos –debido a las diferencias en su desarrollo– usan diferentes partes del cerebro para resolver una tarea dada. En los últimos 20 años ha sido posible disponer de información acerca de tales aspectos debido al desarrollo de técnicas de imagenología cerebral (escáner cerebral), que permiten examinar el desarrollo del cerebro en individuos saludables (y vivos). Dado que estas técnicas son algo diferentes y que, por lo tanto, revelan aspectos diferentes del desarrollo cerebral, serán descritas a continuación.

B.2.4. Técnicas de imagenología

Las técnicas de imagenología pueden dividirse en dos tipos: las *funcionales* y las *estructurales*. Las técnicas estructurales de imagenología proporcionan retratos de la anatomía cerebral y muestran la distribución de la materia gris (cuerpos celulares) y de la materia blanca (axones). La técnica de escáner estructural más empleada hoy en día es la Imagen por Resonancia Magnética (IRM) (para más detalles acerca de estos métodos ver el Cuadro B.1.).

En comparación con las técnicas de imagenología estructural, las técnicas de imagenología funcional proporcionan retratos de la actividad cerebral en un momento dado. Con la imagenología funcional uno puede identificar cuáles áreas están más activas bajo ciertas condiciones y, por lo tanto, deducir cuáles áreas sirven a funciones particulares (para mayores detalles respecto de este método ver el Cuadro B.2.).

B.2.5. Es difícil determinar hasta qué punto el desarrollo es ocasionado por la naturaleza o por la crianza

La invención de las técnicas de imagenología ha permitido dar un gran paso adelante en nuestra comprensión del desarrollo del cerebro, porque permite que se estudie el desarrollo cerebral en personas vivas saludables. Hoy nos encontramos en posición de examinar cuándo se desarrollan (maduran) diferentes áreas del cerebro y también si los niños usan diferentes áreas cerebrales que los adultos. Antes de dar una mirada a los descubrimientos adquiridos con estas técnicas, es importante mencionar algunos de los problemas enfrentados por la interpretación de estos hallazgos.

Cuadro B.1. El principio detrás de la IRM

El cuerpo humano contiene una importante cantidad de agua, pero la concentración del agua es diferente en los diferentes tipos de tejidos. En el cerebro podemos distinguir dos tipos de tejidos: la materia gris y la materia blanca. La materia gris consiste en cuerpos de células, mientras que la materia blanca consiste de axones (los axones son blancos porque están recubiertos por fundas grasas/mielina). Los principios detrás de la IRM son algo complicados, pero a modo general se basan en lo siguiente: en el agua hay una gran incidencia de hidrógeno y en los átomos de hidrógeno se ubican los así llamados protones. Debido a que los protones son magnéticos, se comportan como pequeñas agujas de una brújula, y debido a que normalmente están en movimiento, apuntan en todas las direcciones. Si se los coloca dentro de un campo magnético potente, que es lo que crea el escáner IRM, se alinearán en la dirección del campo magnético potente, apuntando ahora en la misma dirección. Aunque ahora los protones se mantienen en sus posiciones, ellos aún giran alrededor de sus propios ejes en una frecuencia dada. Si se dirige a los protones una frecuencia radial similar (a sus circunvoluciones), los protones se inclinarán levemente, absorbiendo la energía de la onda. Una vez que la onda radial se termina, los protones se reorientarán nuevamente, y de esa forma devolverán una onda radial en la misma frecuencia de la que los afectó. Estas ondas radiales pueden ser detectadas mediante un sistema de antenas. Debido a que la intensidad de la señal radial dependerá de la concentración de protones, y debido a que esta concentración difiere entre la materia gris y la materia blanca, las diferencias en intensidad pueden ser reconstruidas como imágenes que indican las áreas de materia gris y de materia blanca.

Cuadro B.2. El principio detrás de la TEP y de la IRMf

Cuando las neuronas están operando, necesitan cantidades mayores de energía. Ésta proviene del azúcar, la cual es transportada a las neuronas a través de la sangre. Midiendo el metabolismo o el flujo de sangre cerebral uno obtiene una medida indirecta del nivel de actividad del cerebro. Esto se puede realizar mediante el uso de Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) [*Positron Emission Tomography* (PET, sigla en inglés)], donde uno inyecta una sustancia radioactiva que o se adhiere al azúcar o se difunde en la sangre. Las áreas de más trabajo en el cerebro también serán las de metabolismo más elevado, las de mayor flujo sanguíneo cerebral y, por supuesto, las de mayor concentración de la sustancia radiactiva. Contando la cantidad de degradación radiactiva y representando estas cifras como imágenes, obtenemos imágenes de cómo varía la activación en las diferentes áreas del cerebro en un momento dado. Hay un inconveniente importante en la técnica TEP: requiere de la inyección de sustancias radiactivas (aunque en pequeñas dosis) que uno preferiría no emplear.

Afortunadamente hoy en día ya que también se puede usar el IRM para medir el flujo sanguíneo cerebral. Esto es posible ya que la sangre oxigenada y la sangre desoxigenada tienen diferentes grados de magnetización, los cuales emitirán señales diferentes cuando la sangre se vea afectada por ondas radiales. Dado que las neuronas deben utilizar oxígeno a fin de convertir el azúcar en energía, esto significa que la señal radial de un área dada será diferente dependiendo de si se encuentra trabajando o no. Midiendo la relación entre la sangre oxigenada y la sangre desoxigenada uno obtiene un índice del grado de activación de trabajo desempeñado por un área dada. La técnica empleada para medir la activación por medio del IRM se llama IRMf (IRM funcional).

Hasta ahora, hemos hablado acerca del desarrollo del cerebro como si se tratara de *un* solo proceso. Sin embargo, está claro que el desarrollo del cerebro es impulsado por varios factores. Por un lado, es obvio que algunos aspectos del desarrollo cerebral están dados genéticamente, y por lo tanto no son afectados por la experiencia individual en un sentido directo. A modo de ejemplo, no es accidental que la corteza visual se encuentre ubicada en las mismas partes del cerebro y esté cableada de la misma manera en todos los individuos.[1] Este tipo de desarrollo es un proceso de *maduración* biológico ocasionado genéticamente. Por otra parte, también es el caso que algunos aspectos de la arquitectura del cerebro de hecho son afectados por la experiencia, y por lo tanto difieren entre un individuo y otro. Ni siquiera los gemelos monocigóticos tienen cerebros idénticos (White, Andreasen y Nopoulos, 2002). Por lo tanto, el desarrollo del cerebro es claramente un producto de ambas: la maduración (naturaleza) y la experiencia (la crianza). Esto significa que es muy difícil establecer cuáles cambios cerebrales son ocasionados por maduración biológica y cuáles no.

Otro problema concierne a la relación entre el desarrollo y la edad. Si solamente examinamos el desarrollo del cerebro en función de la edad cronológica, terminaremos con mediciones imprecisas. Esto se debe al hecho de que habrá variaciones en el desarrollo debido a las diferencias individuales. En otras palabras, aún si un área “x” madura antes que un área “y” en todos los individuos, el tiempo cronológico exacto en el cual el área “x” experimenta la maduración habrá de variar entre individuo e individuo. En una persona puede ocurrir a la edad de seis años, mientras que en otra, a los ocho. Si solamente basamos nuestros estudios en el desarrollo promedio observado en un grupo de una edad en particular, digamos 12 años, nuestras estimaciones tendrán interferencias, ya que las diferencias individuales pueden ensombrecer las diferencias reales. Este problema está presente en los así llamados estudios transversales (*cross-sectional studies*) donde se examina a grupos de diferentes edades y luego se los compara. Sólo hay una manera de superar este problema

[1] A modo de ejemplo, nuestra corteza visual se desarrollará de forma normal aunque cada uno de nosotros reciba impresiones visuales muy diferentes. Únicamente en casos extraordinarios, tales como la ceguera total ocasionada por déficits oculares, se verá perturbado este desarrollo genético especificado.

y es estudiando el mismo grupo de individuos a distintas edades. En este caso nos deshacemos de cualquier variabilidad, debido a las diferencias en el desarrollo entre individuos en una edad dada. A los estudios que se basan en tales mediciones se les llama *estudios longitudinales*. Estos tipos de estudios son más bien la excepción que la norma, debido a que las técnicas de imagenología han estado disponibles a partir de los últimos 10 a 15 años.

Aunque los estudios longitudinales producen mediciones más precisas que los estudios transversales, no se escapan al problema fundamental que concierne a la relación entre el desarrollo impulsado por la maduración y el desarrollo impulsado por la experiencia. Aún se hace difícil establecer si un cambio dado, observado en el mismo individuo entre las edades de seis y ocho años es causado por la maduración o la experiencia (o por ambos). Después de todo, en dos años pasan bastantes cosas respecto a experiencias, por ejemplo en el colegio.

Con estos problemas de interpretación en el trasfondo de nuestras mentes, daremos una mirada a lo que se sabe acerca del desarrollo cerebral ontogenético.

B.3. El cerebro es una escultura tallada por la experiencia

B.3.1. La actividad cerebral vista a través del tiempo

Una gran cantidad de información concerniente al desarrollo cerebral proviene de estudios acerca del metabolismo cerebral medido mediante TEP (Chugani y Phelps, 1986; Chugani, Phelps y Mazziotta, 1987; Chugani, 1998). Estos estudios proporcionan un retrato de la actividad sináptica cerebral. Indican que el metabolismo en los recién nacidos (< 1 mes) es más elevado en el tronco cerebral, en partes del cerebelo y del tálamo, así como también en las áreas sensoriales primarias y motoras. En términos de funcionalidad, esto significa que los recién nacidos son capaces de regular actividades basales, tales como la respiración, excitación, etc. (tronco cerebral); registrar tacto, impresiones visuales, etc. (tálamo y áreas sensoriales primarias); y pueden ejecutar acciones elementales (áreas motoras primarias y el cerebelo). Además, también se encuentra un metabolismo relativamente elevado en algunas de las áreas

que respaldan la memoria y la atención (el hipocampo, la circunvolución cingulada y los ganglios basales). Entre el segundo y tercer mes el metabolismo se incrementa en las regiones secundarias y terciarias de los lóbulos parietal, temporal y occipital; esto es, en regiones que no reciben impresiones sensoriales directamente, pero en cambio procesan información de las áreas primarias. En términos del comportamiento esto indica que el niño comienza a ser más capaz de integrar información desde diferentes modalidades y de coordinar los movimientos. Sin embargo, este aumento en el metabolismo no es uniforme en todas las regiones secundarias y terciarias. Por lo general, el metabolismo en las partes frontales del cerebro sólo empieza a aumentar cuando el niño tiene seis meses de edad. Son los lóbulos frontales los que desempeñan el procesamiento de información más complejo, y estas áreas normalmente están asociadas con las funciones ejecutivas; esto es, planificar por adelantado y desempeñar acciones complejas orientadas hacia metas.

El patrón de desarrollo descrito anteriormente no difiere de manera significativa de aquel descrito por Flechsig en 1901, si bien brinda una mejor impresión de la cronología. Ambos, los estudios de TEP y el estudio de Flechsig, demuestran cómo el desarrollo ontogenético en general refleja el desarrollo filogenético. Sin embargo, los estudios TEP revelan un patrón sorprendente. Si bien la tasa del metabolismo en los recién nacidos es alrededor de 30% más bajo que el de los adultos, de ahí en adelante asciende bruscamente durante los cuatro años siguientes. Es tan brusco este incremento, que la tasa del metabolismo al cuarto año es el doble de la encontrada en adultos. A partir de los cuatro años de edad y hasta los nueve o diez, la tasa del metabolismo se mantiene estable. Luego desciende hasta los niveles adultos, lo cual ocurre alrededor de la edad de 16-18 años. Debido a que el metabolismo refleja sobre todo la actividad sináptica, este patrón indica que hay muchas más sinapsis disponibles a la edad de cuatro años que las que son realmente necesarias, y que estas sinapsis superfluas son eliminadas con el tiempo. Así, una parte natural del desarrollo cerebral parece consistir en la eliminación de conexiones superfluas entre las neuronas. Sólo sobreviven las sinapsis que están en uso y esto depende de las experiencias del individuo (Rauschecker y Marler, 1987). Desde un punto de vista genético este arreglo parece pulcro. En lugar de especificar todas las conexiones del cerebro, únicamente las más esenciales están dadas desde el comienzo. El resto es

una cuestión de influencia ambiental. De esta forma se asegura que la funcionalidad del cerebro corresponda a las necesidades del organismo.

B.3.2. La estructura cerebral vista a través del tiempo

Los estudios referidos anteriormente están basados en estudios TEP de la actividad cerebral. Aunque hay una estrecha relación entre el metabolismo y el número de sinapsis en operación, la técnica TEP puede revelar sólo de manera indirecta cómo cambia el cerebro estructuralmente con el paso del tiempo. Para obtener información directa acerca de los cambios estructurales, debemos girar hacia la técnica IRM, que puede identificar cambios en la materia gris y blanca. Actualmente hay información sobre varios estudios de ese tipo (ver Durston *et al.*, 2001; Paus *et al.*, 2001; Casey *et al.*, 2005; Paus, 2005, para revisiones).

En general, hay una correspondencia cercana entre los descubrimientos obtenidos con IRM y los estudios TEP. En uno de los estudios más extensos (Giedd *et al.*, 1999; Giedd, 2004), el cual se basó en un examen longitudinal de más de 161 personas, se encontró que el volumen de la materia gris [GMV, sigla en inglés, VMG, en castellano] exhibía una forma de patrón característico de semicírculo; esto es, el VMG aumenta en la niñez, alcanza su máximo en la adolescencia y disminuye a partir de este punto. Sin embargo, este desarrollo es diferente en distintas regiones del cerebro. En los lóbulos parietales el VGM alcanza su máximo alrededor de la edad de 11 años (promedio para las niñas = 10,2 y promedio para los niños = 11,8). En los lóbulos frontales el VGM alcanza su máximo alrededor de la edad de 12,5 años (promedio para las niñas = 11 y promedio para los niños = 12,1) y en los lóbulos temporales alrededor de la edad de 16,5 años (promedio para las niñas = 16,7 y promedio para los niños = 16,5). (Curiosamente, no se detectó ninguna disminución del VMG en los lóbulos occipitales, que median las funciones visuales.) Debería notarse que se encuentran diferencias entre estas regiones (frontal, temporal y parietal) porque el VMG alcanza su máximo más temprano en las áreas primarias que en las secundarias y terciarias. A modo de ejemplo, la parte dorsolateral del lóbulo frontal, que se asocia con el funcionamiento ejecutivo, es una de las últimas áreas en madurar. Otra región, que también alcanza su máximo a una edad avanzada, está ubicada en los lóbulos temporales (más específicamente en las partes laterales y en especial en el hemisferio izquierdo) (Sowell *et al.*, 2003). Se cree que

esta área juega un papel en el almacenamiento del conocimiento semántico, esto es, el de lo que son las cosas y de cómo operan (algo como un diccionario). El descubrimiento de que esta área alcanza su VMG máximo a una edad relativamente avanzada, de hecho alrededor del fin de la veintena, es coherente con el hecho de que adquirimos conocimiento semántico a lo largo de toda la vida, pero sobre todo durante la infancia, adolescencia y edad adulta temprana.

Como principio general, pareciera como que el VMG se reduce entre la adolescencia y la edad adulta temprana. Esto no es lo que se encuentra cuando se examinan cambios en el volumen de la materia blanca (VMB); esto es, las partes de las neuronas que envían información hacia adelante y que conectan las diferentes áreas del cerebro. El VMB parece aumentar por lo menos hasta la edad de 40 años (Sowell *et al.*, 2003) y no parece ser que hubiera cambios significativos en él a través de las diferentes regiones del cerebro (Giedd, 2004).

Si juntamos los cambios que observamos en el tiempo en el VMG y en el VMB, y relacionamos esos cambios con aspectos funcionales, podemos resumir diciendo que: con el tiempo perdemos potencial de plasticidad/aprendizaje (se reduce el VMG), pero aumentamos la funcionalidad (son eliminadas las sinapsis superfluas en forma concurrente con la optimización de las rutas de comunicación y la mielinización de los axones flexibles aumenta el VMB).

B.3.3. Las relaciones derivadas entre el cerebro y el comportamiento a menudo permanecen indirectas

Está dado que el IRM ha aumentado nuestro conocimiento respecto del desarrollo del cerebro. Sin embargo, muchos de los estudios se caracterizan por una limitación específica. Como regla general, examinan el desarrollo del cerebro sin estudiar al mismo tiempo el desarrollo cognitivo. Esto significa que debemos hacer suposiciones matizadas respecto de cuáles son los cambios en el comportamiento que estos cambios fisiológicos pueden ocasionar. Si bien es posible obtener de esta manera algún conocimiento respecto de las relaciones entre el cerebro y el comportamiento, estas relaciones derivadas permanecen indirectas. Las relaciones directas sólo pueden ser reveladas si examinamos el desarrollo cerebral y el comportamiento de las mismas personas simultáneamente.

Aunque tales estudios son posibles (Tyler, Marslen-Wilson y Stamatakis, 2005), aún son escasos.

B.3.4. Los niños y los adultos no usan el cerebro de la misma manera

En los estudios mencionados más arriba el foco ha estado sobre los cambios estructurales del cerebro en función de la edad. Otra manera de estudiar la relación entre las funciones cognitivas, el desarrollo cerebral y la edad, es mediante *estudios de activación* llevados a cabo con técnicas de imagenología funcional (TEP y IRMf). Estos tipos de estudios revelan actividad cerebral (en oposición a cambios estructurales) asociada a diferentes tareas (lectura, reconocimiento de objetos, etc.). La ventaja de estos estudios es que las diferencias observadas entre los grupos (como adolescentes *vs*. adultos) están relacionadas de manera directa con la tarea que está siendo resuelta por los sujetos. Esto no es necesariamente así, si uno ha encontrado sólo un área en la cual el desarrollo del cerebro parece reflejar el desarrollo de una función cognitiva. Tal correlación, digamos entre el área A y la función cognitiva B, en principio podría ser ocasionada por cambios en la función cognitiva C, si la función C se desarrolla de la misma manera que B a lo largo del tiempo. En los estudios de activación esto puede ser controlado directamente, porque el investigador puede decidir cuáles son las funciones cognitivas que serán convocadas; dependerá de la tarea elegida.

El número de estudios de activaciones que examinan las diferencias de edad excede por mucho el número de estudios estructurales correspondientes. Por lo tanto, una revisión de estos estudios va más allá de la intención de esta ponencia. En general, se puede concluir que estos estudios indican que los niños adolescentes activan más áreas cerebrales que los adultos y que estas activaciones son más difusas (Casey *et al*., 2005). Esto es coherente con: a) el descubrimiento de que la sobrecapacidad de sinapsis en los niños y adolescentes se elimina con el tiempo; y b) hay crecimiento continuo de la materia blanca, la cual une las regiones de forma más efectiva. Ambos aspectos producirían mayor activación focal en función de la edad.

B.3.5. El cerebro del adolescente y los cambios en el comportamiento adolescente

Según lo indicado anteriormente, todo el cerebro se desarrolla durante la adolescencia. Sin embargo, algunas áreas parecen experimentar un desarrollo más radical durante la adolescencia que durante otros períodos. Éste es especialmente el caso de las partes dorsolaterales de la corteza prefrontal. Normalmente, estas partes del cerebro se asocian con procesos cognitivos tales como la memoria operativa (donde se manipula activamente la información en línea), la asignación de atención, la inhibición de respuesta y la estructuración temporal de acciones nuevas o complejas orientadas a metas (Fuster, 2002). (Observe que estas operaciones están relacionadas íntimamente con el comportamiento diario.) Quizás no sea sorprendente que se haya sabido por algún tiempo que las habilidades que requieren tales operaciones continúan desarrollándose durante la adolescencia (Keating y Bobbitt, 1978). Más recientemente se ha mostrado que estos cambios en el desarrollo están de hecho correlacionados con cambios fisiológicos (tanto estructural como funcionalmente) (Casey, Giedd y Thomas, 2000). Es muy probable que los cambios en el desarrollo discutidos aquí sean subyacentes a cuatro de las características que normalmente permiten separar los niños de los adolescentes, llámese la habilidad de: 1) razonamiento hipotético; 2) pensar acerca del pensamiento (metacognición); 3) planificar por adelantado; 4) pensar más allá de los límites convencionales (Cole y Cole, 2001). Por consiguiente, en la adolescencia media las habilidades de toma de decisiones de los adolescentes llegan al nivel de adulto. Es de interés notar que esto no necesariamente significa que los adolescentes tomen decisiones tal como lo hacen los adultos. De hecho, se sabe que los adolescentes se involucran en comportamientos de mayor riesgo que los adultos, lo cual, nuevamente, puede estar asociado con una conducta que busca el aumento de las sensaciones y novedades (Spear, 2000). Aunque estas diferencias de conducta quizá están relacionadas con factores biológicos, no está claro cómo se relacionan con el desarrollo del cerebro, porque pueden observarse también en otras especies. La conducta alterada de toma de riesgos casi siempre está asociada con estructuras que median en la regulación emocional (la corteza pre frontal ventromedial y la amígdala) (Bechara *et al.*, 1997; Krawczyk, 2002) y no se sabe que los cambios de desarrollo en el cerebro durante la adolescencia se encuentren asociados a estas áreas. Sin embargo, esto

podría ser causado por (al menos) dos factores. En primer lugar, en comparación con los problemas de la toma de decisiones experimental, normalmente investigados en los estudios de desarrollo, la toma de decisiones en la vida real tiene lugar en situaciones no estructuradas, caracterizadas por una falta de normas explícitas y una variedad de soluciones potenciales. De acuerdo con esto, la habilidad de toma de decisiones en medio del período de la adolescencia podría haber sido sobrestimada en los estudios sobre el desarrollo, y podría de hecho llegar primero a los niveles de adultos en el período final de la adolescencia (esto es, la discrepancia observada entre la habilidad de toma de decisiones y el comportamiento de riesgo puede que sea más aparente que real). De ser así, esto estaría en línea con estudios del desarrollo del cerebro que indican que el desarrollo del prefrontal dorsolateral continúa hasta el final del período de adolescencia. En segundo lugar, existe la posibilidad de que el comportamiento reducido de riesgo (incluyendo la conducta en busca de sensaciones y novedades) pueda estar relacionada con la maduración de la corteza prefrontal ventromedial, que según mencionamos, está asociada con la regulación emocional. No es imposible que dicha maduración pase desapercibida debido a que esta estructura no se visualiza con facilidad mediante el IRMf (Devlin *et al.*, 2000). Sean cuales fueren las causas biológicas de la toma de riesgos, de la conducta de búsqueda de sensaciones y de novedades, esta conducta facilita la separación del adolescente de su grupo de nacimiento, al proveer el ímpetu para explorar áreas nuevas y más amplias alejadas del hogar (Spear, 2000).

B.3.6. Resumen e implicaciones generales

A pesar de los problemas asociados con la interpretación de que si es la biología (maduración) o la experiencia la que determina el desarrollo del cerebro, hay un patrón general que evoluciona. Lo más llamativo del desarrollo cerebral probablemente es que continúa en la edad adulta y que es un proceso dinámico. En el grado que tenga sentido denominar algunos procesos como estrictamente biológicos, sería la sobreproducción de sinapsis lo que parece estar presente desde el nacimiento hasta la adolescencia. Sin embargo, la experiencia también juega un rol importante, en cuanto parece que es ella la que determina qué sinapsis se mantienen, cuáles se eliminan y cuáles vías de comunicación (axones)

habrán de hacerse más efectivas. Estos procesos de "afinamiento" operan hasta bien entrada la edad adulta. Sin embargo, esto no significa que no podamos aprender después de la edad de 30 años. Podemos; las sinapsis aún pueden ser reforzadas y debilitadas, y aún pueden producirse nuevas sinapsis (Draganski *et al.*, 2004), aunque probablemente en menor número. Lo que sí significa es que perdemos la plasticidad, el potencial de aprendizaje que representa la sobreproducción de sinapsis. Nos convertimos en aprendices más lentos y menos flexibles. Por otra parte, hay consuelo para aquellos de nosotros que hemos pasado los veinte: mientras se pierde el potencial de aprendizaje nos volvemos mejores en hacer lo que ya hemos aprendido.

El descubrimiento de que el desarrollo significativo del cerebro continúa hasta bien entrada la edad adulta indica que el marco de tiempo en el cual la experiencia, y por tanto la educación, determina las habilidades que terminamos teniendo, es más bien flexible. Esto no significa que nacemos como una tabla rasa sólo en espera de que nos escriban encima. Mediante la mano de la naturaleza estamos "construidos" para aprender algunas cosas con más rapidez y facilidad que otras, y nacemos con algún conocimiento/expectativas por adelantado.[2] Sin embargo, nos cuestiona la noción de que nuestro desarrollo esté determinado desde muy temprano. Si ese fuera el caso, ¿para qué todos esos cambios biológicos hasta bien entrada la edad adulta? También significa que debemos reevaluar la idea de los *períodos críticos*, de acuerdo con los cuales existe un marco de tiempo definido dentro del cual *debemos* aprender ciertas cosas si es que al final las vamos a aprender. Hoy en día hay poca evidencia que respalde este punto de vista dentro de la neurociencia.[3] En el caso de hablar de períodos, uno habitualmente se refiere a *períodos sensibles*, esto es, a períodos en los cuales es óptimo el aprender algo, pero que pueden ser sobrepasados sin efectos devastadores. Un ejemplo común de período sensible es que resulta más fácil adquirir un idioma temprano en la vida que más tarde. Sin embargo, es dudoso si esto de hecho refleja un período sensible caracterizado por una disposición

[2] Va más allá de la dimensión de esta ponencia abordar este tema. Los lectores interesados pueden referirse a Pinker (2002) y a Premack y Premack (2003).

[3] Por lo menos si uno no incluye situaciones extraordinarias. Es probable, por ejemplo, que una persona a quien se le venden los ojos al nacer y durante los próximos cuatro años jamás aprenderá a ver de manera correcta una vez retirada la venda. Sin embargo, normalmente los períodos críticos no se refieren a ese tipo de casos.

especial en términos de desarrollo cerebral y adquisición del lenguaje. Hay evidencia que sugiere que las mayores dificultades en la adquisición del lenguaje meramente reflejan que ya dominamos uno antes (la lengua materna). Es más probable que la adquisición de nuestro idioma nativo ya haya modelado aquellas áreas de nuestro cerebro –por ejemplo, mediante la eliminación de sinapsis– que también son necesarias para la adquisición de un segundo idioma (Johnson y Munakata, 2005). Debido a esto, la plasticidad del cerebro se pierde como *consecuencia* del aprendizaje y no porque haya ciertos períodos en los cuales el aprendizaje sea óptimo. Habiendo dicho esto, debe notarse que no podemos aprender todo con la misma facilidad en cualquier momento en el tiempo. Como hemos visto, hay diferencias entre las regiones del cerebro en términos de maduración. Asimismo, hay diferencias individuales en la maduración cerebral. De acuerdo con esto, debemos adaptar la educación al desarrollo del cerebro; no podemos simplemente esperar que una persona domine algo para lo cual el cerebro aún no está preparado.

B.4. Teorías del aprendizaje en la adolescencia y en el transcurso de la vida

Iniciamos este análisis revisando lo que se sabe acerca del cerebro y lo que nos puede decir acerca del comportamiento adolescente. Un enfoque opuesto es revisar lo que se sabe, lo que ha sido observado y comprendido acerca del aprendizaje adolescente, y tener en cuenta cómo contribuye la "investigación cerebral" a esa comprensión. Donde la investigación neurocientífica alcanza los límites, ya indicados en las secciones precedentes, podemos empezar a identificar dónde puede ser necesaria una mayor síntesis entre las percepciones de la investigación cerebral, la ciencia cognitiva, la investigación social y la psicología evolutiva, si es que nuestro conocimiento va a avanzar más lejos.

Generalmente se ha sostenido que la adolescencia es una construcción social "inventada", cuando los cambios de la pubertad se convirtieron en los puntos de partida de períodos cada vez más largos de transición, socialmente aceptados, hacia roles y expectativas de adultos. Las etapas de la vida llamadas "postadolescencia" o "preadultez" fueron después "inventadas" como transiciones a los roles y las responsabilidades adultas,

extendiéndose en muchas sociedades occidentales hasta mediados de los veinte años. La adolescencia comenzó a ser vista como una especie de "moratoria psicosocial" construida socialmente, un tiempo necesario para "prepararse y practicar el ser adultos" en una sociedad cada vez más compleja (Cockram y Beloff, 1978). Se sostuvo que este período se extendía bastante más allá de la "madurez" física por motivos sociales. La primera contribución importante de la nueva investigación sobre el cerebro, informada en las secciones anteriores de este informe, es la de mostrar que hay tanto bases físicas como sociales para los prolongados períodos de "transición", con el cerebro que continúa desarrollándose y cambiando en formas características hasta incluso dentro de la tercera década de vida y, posteriormente, hasta bien avanzada la vida adulta.

La comprensión del desarrollo adolescente en el siglo XX por mucho tiempo fue dominada por teorías de etapas de la vida que enfatizaban una etapa natural de desarrollo "tormentoso y estresado" que debe ser superado en la adolescencia. Las teorías de etapas de la vida también se enfocaban en tareas normativas relacionadas con la edad, que brindan estabilidad y resolución de la identidad si ciertas "tareas del crecimiento" adolescente eran completadas satisfactoriamente por el individuo y la sociedad. Las tareas claves incluyen, por ejemplo, la construcción de un yo social, sexual, físico, filosófico y vocacional (ver también Havighurst, Kohlberg respecto de las etapas del desarrollo moral). Para Erikson, la característica clave de la adolescencia en las "siete etapas del hombre", era la formación de identidad *versus* la confusión de identidad, una visión aún muy influyente. Los grupos de pares pasan a ser cada vez más importantes en la adolescencia, a medida que se desarrolla la búsqueda de identidad y de significado para los otros (Coleman, 1961; Bandura, 1997).

Las teorías sociales y culturales aportaron diferentes dimensiones al análisis de las experiencias adolescentes, enfocándose en las estructuras sociales y las relaciones de poder de la sociedad, los procesos sociales (incluyendo aquellos de la familia cercana y de la escuela) que moldean las oportunidades de vida, y la relativa vulnerabilidad y falta de poder de la juventud en relación a éstos. Las metáforas de "trayectorias" en la adolescencia, que se hicieron populares en los años ochenta y noventa, a menudo son asociadas con teorías que enfatizan los efectos longitudinales de la reproducción social y cultural de roles y de oportunidades

de vida en los adolescentes. Éstas y otras teorías culturales relacionadas a menudo enfatizaban las reacciones de alienación y resistencia en la adolescencia, que se despliegan en el contexto escolar, así como también en el hogar familiar y en la comunidad.

Las metáforas de "navegación" en la adolescencia fueron una invención de finales del siglo XX (Evans y Furlong, 1998). Éstas fueron asociadas a un mayor reconocimiento de las complejidades del desarrollo de la vida y del aumento de la exposición de la gente joven a "estímulos secundarios" fuera del mundo inmediato del niño, de su hogar, familia, escuela y vecindario. Los procesos de transición desde la infancia, donde el propio ambiente se encuentra controlado por otros, a la edad adulta, donde el ambiente y las influencias están más sometidos a la voluntad de la propia persona, se hacen más complejos debido a, por ejemplo, los medios y las comunicaciones modernos. La "teoría focal" de Coleman (1970) comenzó a rebatir las "teorías de etapas", mostrando que la etapa adolescente de "tormenta y estrés", de existir, no es un período de confusión generalizado, sino que los jóvenes se van progresivamente involucrando en distintos temas y desafíos en momentos diferentes. Los períodos sensibles pueden existir para diferentes tareas y temas sobre los cuales enfocarse, pero son muy individualizados, proceden en forma distinta para los diferentes individuos, quienes no están irrevocablemente perdidos si no se los trabaja plenamente durante el período "sensible". Sin resolver por completo cada problema de la vida, el joven se mueve hacia adelante para enfocarse en el próximo. El estrés se vincula con el problema que enfrenta en el momento presente, con el estrés residual que queda debido a compromisos previos a los cuales el joven puede regresar. El énfasis en las teorías vinculadas a la metáfora de la "navegación" también se relaciona con cómo negocian los jóvenes las estructuras de riesgo y las oportunidades, cómo éstas proporcionan fuentes de estabilidad o inestabilidad en el curso de la vida futura, en la construcción biográfica y en la "individualización" (Baethge, 1989; Evans y Heinz, 1994). La autoeficacia (Bandura, 1997) y el accionar [*agency*] personal (Evans, 2002) son dimensiones importantes de las biografías de aprendizaje de adolescentes y adultos.

Estas teorías han tendido a no considerar los procesos de aprendizaje directamente, aunque incorporan muchos supuestos e implicaciones del aprendizaje. Las propias teorías del aprendizaje siguen ciertas tradiciones

e iluminan ciertos aspectos del aprendizaje. Las tradiciones psicológicas que consideraban el aprendizaje como individual, racional, abstracto, alejado de la percepción y la acción, y gobernado por principios generales, han sido desafiadas por las teorías socioculturales y teorías del "aprendizaje situado", que argumentan que la cognición es esencialmente social, incorporada, localizada, dependiente del contexto y específica a los medio ambientes. El significado de las dimensiones psicodinámicas de las emociones en el aprendizaje ha sido reconocido de manera creciente y la ciencia cognitiva ha aportado al debate nuevas comprensiones de "inteligencias múltiples" en el aprendizaje individual y la acción humana (Gardner, 1984; Bruer, 1993).

La investigación acerca del cerebro no puede confirmar ni refutar estas teorías. Sin embargo, podemos identificar dónde son consistentes o variables con las teorías en que se basan, e informados por los métodos de la ciencia social los descubrimientos detallados en las secciones anteriores. En algunos casos, la consideración de los descubrimientos de la investigación acerca del cerebro nos puede decir cuáles teorías podría ahora ser más o menos fructífero proseguir.

Las teorías del desarrollo adolescente se vinculan mejor las interrogantes sobre el aprendizaje en la adolescencia a través de una perspectiva teórica integral que reconoce que:

1. El aprendizaje es un proceso natural para los seres humanos.
2. El aprendizaje es mucho más que la adquisición de contenidos o el desarrollo de habilidades cognitivas.

El aprendizaje puede ser definido como el proceso de expansión de las capacidades de una persona. Siempre involucra la interacción de procesos cognitivos y emocionales, y siempre tiene lugar en contextos sociales a través de la interacción entre los aprendices y su ambiente.

Como lo ha mostrado la síntesis de una reciente investigación de ciencias sociales, que la gente retenga a largo plazo lo que ha aprendido en un momento en particular depende de su compromiso y de cuán importante sea para ellos.

> Si atendemos o no a cualquier estímulo particular en el medio ambiente depende de la evaluación del cerebro acerca de

> su importancia para nosotros. Fundamental para la selección inconsciente acerca de qué atender y qué aprender, está el yo, el cual a su vez es aprendido y desarrollado mediante nuestras interacciones con otros (Hallam, 2005).

Los cambios en capacidad producidos por medio del aprendizaje podrían a menudo ser observables a través de la conducta, pero no siempre. Cambios en capacidad en la adolescencia involucran la interacción de disposiciones y orientaciones, la maduración de funciones mentales, desarrollo de identidad y creencias acerca del yo, motivaciones, estrategias para lograr autonomía y control. Todos están fuertemente afectados por influencias medioambientales.

Varias teorías de las ciencias sociales enfatizan los aspectos de disposición de este aprendizaje, indicando cómo las personas han generalizado disposiciones u orientaciones hacia el mundo, que dan forma a su aprendizaje. Algunas predisposiciones mentales parecen estar incluidas desde el nacimiento (Pinker, 2002, Premack y Premack, 2003), y son desarrolladas y formadas por experiencias posteriores. Desde un punto de vista sociológico, investigadores como Hodkinson y Bloomer (2002) han mostrado que las disposiciones construidas socialmente tienen una importancia particular en el aprendizaje adolescente, reflejando la internalización de culturas y de desarrollo de género del joven, identidades sexuales y raciales, así como los intereses individuales emergentes, deseos y aspiraciones. Por ejemplo, esta investigación ha mostrado cómo las aspiraciones profesionales y las disposiciones para el aprendizaje de aprendices al final de su período adolescente cambiaron en formas que sugerían interrelaciones con las experiencias, al mismo tiempo de una continuidad subyacente con la anterior formación de la identidad. Las disposiciones parecen ser altamente significativas en la determinación de la "carrera de aprendizaje" de la persona joven, incluyendo si se vinculan o marginan del aprendizaje organizado, aunque frecuentemente a las culturas e identidades se les presta insuficiente atención en la organización de la escolaridad secundaria y posterior.

Las ciencias sociales también han indicado que mucho del aprendizaje es subconsciente y que las destrezas o habilidades tácitas y el conocimiento apuntalan la conducta, las acciones y el desempeño de las personas en ambientes cotidianos y educacionales. El aprendizaje consciente

interactúa todo el tiempo con el aprendizaje tácito. El reconocimiento (por el aprendiz) de las dimensiones tácitas del aprendizaje es necesario antes que éste pueda ser controlado y aplicado con determinación (Evans *et al.*, 2004; Illeris, 2004). Es probable que esta capacidad aumente con la edad, con las habilidades metacognitivas (pensando acerca de cómo se piensa) emergiendo en la adolescencia y continuando su aumento en la vida adulta. La creciente importancia del aprendizaje previo y del desarrollo de la metacognición en las últimas etapas de la adolescencia parece ser coherente con los descubrimientos neurocientíficos acerca de la naturaleza y del momento óptimo [*timing*] del desarrollo de las diferentes regiones del cerebro, y del proceso general de "poda" esbozado antes.

El proceso de maduración en el aprendizaje ha sido reconocido hace tiempo a través del trabajo de Piaget (1967) y sus sucesores. El desarrollo posterior ha mostrado que las funciones mentales superiores se diferencian de forma gradual en la adolescencia, con la habilidad de pensar lógicamente y madurar deductivamente, y con el desarrollo de mayor capacidad cognitiva. Hay evidencia de que los procesos emocionales y cognitivos están estrechamente entrelazados (Damasio, 1994), aunque se sostiene que la capacidad de los adolescentes de llegar a una mayor madurez de conducta es una manifestación del creciente aislamiento en el cerebro, así como de los efectos del aumento de la experiencia. Una vez más, se hace difícil separar aquí la naturaleza y la crianza. También hay coherencia entre estos relatos del surgimiento de las funciones cognitivas de alto nivel y los descubrimientos acerca de los patrones de aumento y reducción en el VMB y VMG en la adolescencia y más allá.

Ahora sabemos que el desarrollo del cerebro del individuo refleja sus experiencias de aprendizaje y las actividades desarrolladas, que el alcance del cambio depende del tiempo dedicado al aprendizaje y que los cambios significativos, permanentes y específicos en el funcionamiento del cerebro, ocurren cuando se emplea una cantidad considerable de tiempo en el aprendizaje y en la práctica de destrezas o habilidades específicas y de maneras de hacer las cosas. Por ejemplo, la comparación de la activación cerebral en aprendices de 13 a 15 años de edad con entrenamiento musical, con otros aprendices de la misma edad, condujo a Altenmuller *et al.* (1997) a concluir que los sustratos cerebrales de procesamiento

reflejan la "biografía del aprendizaje" de cada individuo; no solamente lo que hemos aprendido sino cómo lo hemos aprendido.

Mientras las biografías de aprendizaje son altamente individuales y únicas, se mencionan algunos patrones. Los sicólogos han sostenido que los esquemas mentales son más flexibles en los niños y que llegan a consolidarse en la adultez (Illeris, 2004). Esto se vincula con nociones anteriores de inteligencia "fluida" en la niñez e inteligencia "cristalizada" en los adultos maduros, con el alcance de que el aprendizaje experimental y la habilidad para formar juicios y decisiones es un factor clave de diferenciación entre adolescentes y adultos (Davies, 1971). En la adolescencia los esquemas llegan a ser menos flexibles y las defensas de identidad empiezan a operar más –de modos que pueden limitar el aprendizaje– a medida que se convierten en adultos. Estos relatos de inteligencia "fluida" y "cristalizada" también parecen coherentes con los descubrimientos neurocientíficos acerca del VMG, el número de áreas de actividad mostrados en el cerebro y su relativa difusión o focalización en las diferentes edades.

Más ideas del aprendizaje, como del desarrollo de las capacidades, se pueden lograr de la literatura sobre experticia. Los procesos de aclimatación, competencia y destreza [*proficiency*]* (Alexander, 2003), todos ellos necesitan niveles crecientes de motivación personal, así como el desplazamiento del aprendizaje superficial al profundo si se quiere lograr altos niveles (Entwhistle, 1984; Hallam, 2005).

Otro aspecto de esa progresión a la "competencia" ha sido identificado por Csikzentmihalyi (1996), quien observó la experiencia de "flujo" en el aprendizaje de los adolescentes, que ocurría con un compromiso intenso en una actividad elegida. Sin tener en cuenta el tipo de actividad escogida y llevada a cabo, este "estado de flujo" se manifiesta en la excitación intelectual y emocional, y en una adaptación en la cual la química del cuerpo es modificada y la persona se mueve hacia lo que ha sido llamado un tipo de "aceleración mental" en búsqueda de competencia y dominio. Esto conduce a Csikzentmihalyi a proponer que disfrutar el dominio y la competencia es una adaptación evolutiva. Esto

* La traducción literal de "*proficiency*" sería "competencia" o también "habilidad", pero los autores ya ocuparon "competencia", "*competence*", en el enunciado.

es coherente con otra investigación (ver por ejemplo, Bandura, 1989) que ha mostrado que las personas aprenden mejor cuando tratan de hacer cosas que son desafiantes y de profundo interés para ellos, reflejando nuevamente la estrecha interacción de lo emocional en la cognición y en el desarrollo de capacidades.

El interés debe ser internalizado y llegar a ser parte de la identidad para sustentarse en el tiempo. Debido a que la adolescencia es un período crítico para la formación de identidad, la fase de "identificación" con dominios particulares del aprendizaje tiende a ocurrir en los años adolescentes (Hallam, 2005). Todo lo anterior es parte del impulso hacia el control del aprendizaje en la adolescencia, el mayor y único diferenciador entre el aprendizaje infantil y el adulto. Las teorías de desarrollo adolescente retratan a los adolescentes como esforzándose para ejercitar el control sobre sí mismos y su medio ambiente; esto va de la mano con la formación de identidad de la persona joven o el desarrollo del sentido de quiénes son y de cómo son vistos (y cómo quieren ser vistos) por otros.

Erikson (1968) propuso que la formación de identidad alcanza su etapa más crítica en la adolescencia, siendo éste el momento en la vida en el cual los jóvenes luchan con la confusión de identidad para descubrir "quiénes son". Esto es altamente significativo para el aprendizaje, ya que la identidad es un impulsador importante de la motivación y el aprendizaje, y la defensa de la identidad se encuentra a menudo en la resistencia o el abandono del aprendizaje. Ya que las diferencias fundamentales entre el aprendizaje en la infancia y en la adultez surgen del grado de control que el aprendiz tiene de la situación, así como de las diferencias en el aprendizaje previo y en la capacidad, el impulso hacia la autonomía en la adolescencia es de crucial importancia en el aprendizaje y en la forma que el aprendiz adolescente coconstruye su aprendizaje en interacción con el ambiente social. Este proceso también parece ser consistente con el surgimiento, a fines del período adolescente, de habilidades de resolución de problemas y toma de decisiones más focalizadas. El desarrollo continuo de estas capacidades hasta la edad adulta es coherente con la evidencia citada anteriormente respecto de la maduración tardía de la región del cerebro relevante (la corteza prefrontal).

El impulso hacia la autonomía y la independencia, aliado con el proceso de formación de identidad, comúnmente se dice que involucra experimentación y toma de riesgos, actividades que en sí mismas pueden expandir las capacidades y constituir un aprendizaje significativo. Se ha sugerido que la adolescencia podría ser un período "sensible" para estos tipos de aprendizaje, permitiendo la "ruptura" esencial de los lazos paternales y facilitando el surgimiento de una personalidad madura. Como hemos visto en el análisis anterior, existe poca evidencia de esto a partir de la investigación del cerebro, pero parece haber un vínculo con el impulso de moverse fuera del grupo natal, que puede ser mejor explicado recurriendo a la psicología evolutiva. También es razonable suponer que mientras la adolescencia puede ser una etapa sensible para este tipo de aprendizaje, el fracaso en completar estas tareas particulares de crecimiento durante los años adolescentes es poco probable que resulte en problemas irrevocables que sean imposibles de resolver más tarde, dado el grado de plasticidad que es retenido durante y a lo largo de la vida adulta.

B.4.1. Implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje durante la adolescencia

Hasta aquí se ha argumentado que cambios importantes de capacidad ocurren cuando las personas avanzan desde la infancia, y a través de la adolescencia hasta la adultez, y que éstos son fuertemente influidos por las interacciones en el medio ambiente social más amplio. La evidencia científica social es consistente con la evidencia de la neurociencia en lo que concierne a la manera en la cual el cerebro es esculpido en forma única, de acuerdo no sólo con lo que es aprendido sino también con cómo es aprendido. La pregunta acerca de si la adolescencia puede ser considerada un período crítico para el desarrollo de la autonomía y del control, alejando al adolescente de la dependencia de la familia de origen, también ha sido considerada.

Algunos, tales como el equipo involucrado en la Iniciativa de Aprendizaje del siglo XXI en el Reino Unido, argumentan que estos descubrimientos ya están indicando la ruta hacia cambios mayores en la manera como la sociedad debería organizar la enseñanza y el aprendizaje en los años adolescentes; ellos argumentan que la organización de la escolaridad

debe ir de acuerdo con el "grano del cerebro" (*grain of the brain*)* si ha de ser plenamente efectiva.

Cambiando la metáfora, Sylvester es citado como diciendo (1995) que el modelo de cerebro de Edelman, como un ecosistema selvático no planificado, rico, en capas y desordenado, sugiere que un cerebro parecido a una selva puede prosperar mejor en un aula parecida a una selva, que incluya "muchas capas de problemas sensoriales y culturales, que estén íntimamente ligadas al medio ambiente real del mundo en el cual vivimos; el medio ambiente que mejor estimula las redes neuronales que están genéticamente sintonizadas a él".

Una consideración clave es la relación fundamental entre la motivación y el aprendizaje. Es aquí donde surgen muchos de los desafíos en la manera en la cual la enseñanza y el aprendizaje se organizan actualmente en la fase secundaria de la educación, en la mayoría de las economías avanzadas. Hemos visto que la motivación para aprender está estrechamente vinculada con la identidad y las metas que las personas tienen para sí mismas. El valor asignado al aprendizaje de algunas cosas en particular depende de cómo se relacionen con la identidad y las metas en momentos particulares. Hay una dificultad cuando el currículo está predeterminado y la relación entre lo que está en oferta y las metas personales del adolescente es deficiente. Mientras más coincidan las metas de los profesores, de los aprendices y de los sistemas educacionales, más efectivo será el aprendizaje, argumenta Hallam (2005). Además, mientras más estrechamente vinculado esté dicho aprendizaje a los estímulos múltiples del "medio ambiente del mundo real", más habrá de comprometer y estimular al aprendiz.

¿Qué cambios deberían llevarse a cabo en la organización del aprendizaje durante la adolescencia para acompañar el "grano del cerebro", de acuerdo con los estudios a nuestra disposición?

1. Reconceptualizar el aprendizaje como el desarrollo a lo largo de la vida de las capacidades humanas, en el cual los cambios en el cerebro adolescente y del final de la adolescencia son por lo menos tan

* N. del T. Se trata de considerar que el cerebro ha ido evolucionando a lo largo de miles de años, modificando sus estructuras desde los períodos ancestrales más antiguos hasta ahora.

importantes, para el aprendizaje y el potencial, como aquellos de la infancia temprana. Un sistema educacional que opera sobre la base de la selección progresiva de acuerdo a la "habilidad" en edades particulares no calza con la evidencia que tenemos ahora acerca de cómo se desarrollan las capacidades humanas. Se requiere de un sistema educacional a lo largo de la vida.

2. Se necesitan enfoques de dominio al aprendizaje, donde los aprendices apuntan a mejorar sus propios desempeños y/o aquellos de su grupo de trabajo, sin referencia al progreso relativo de otros aprendices individuales. Esto también se relaciona con el hecho de que puede haber considerables variaciones en la maduración cerebral a través de los individuos en una clase o grupo organizados por edades. Los principios de un aprendizaje cognitivo se pueden adoptar más plenamente. Los aprendices son ayudados por "andamiajes" hacia el próximo nivel a través del apoyo de los profesores, quienes a su vez son respaldados para proporcionar el apoyo y el estímulo informal necesarios.
3. Se debería prestar atención a las creencias que la gente joven tiene acerca del cerebro y su habilidad. Mucha gente joven cree que la inteligencia y la habilidad son fijos y no cambian. Dweck y Leggett (1988) han mostrado que la gente joven que tiene estas creencias de "entidad" acerca de la inteligencia son más probables que tengan metas de desempeño que involucran el logro de comparaciones positivas al medirse con otros, mientras que aquellos con visiones "incrementales" acerca de la inteligencia tienden a tener metas de aprendizaje vinculadas con su propia y progresiva supremacía de contenidos o tareas. Aquellos jóvenes que tienen teorías de "entidad" de la habilidad/inteligencia tienden a minimizar la cantidad de tiempo que otorgan al trabajo escolar, creyendo que la habilidad es innata, evitando actividades en que ellos piensan que fracasarían, poniendo poco esfuerzo donde son débiles y también tomando "ser bueno para algo" como una indicación de que no necesitan trabajar duro en ello (Hallam, 2005).
4. Etiquetar a las personas como tipos particulares de aprendiz o como que tienen estilos de aprendizaje particulares es más probable que limite a que aumente su aprendizaje. El trabajo de Coffield (2004) sobre estilos de aprendizaje ha mostrado errores significativos en los respaldos y en la evidencia de muchos de los modelos actualmente en uso, y destaca los peligros de su aplicación sin criterio.

5. El aprendizaje previo debería construirse de manera progresiva, para facilitar el logro de competencias y destrezas. Las disposiciones escolares actuales en muchos sistemas educacionales no hacen esto eficazmente; en cambio, introducen rupturas en las etapas adolescentes, que pueden impedir significativamente el progreso del aprendizaje.
6. Los adolescentes necesitan continuar desarrollando una gama de perspectivas ganadas a través de la experiencia, y diferentes tipos de aprendizaje para acrecentar sus capacidades de resolución de problemas y sus habilidades de toma de decisiones. Esto se prolonga hasta el final del período de adolescencia y el comienzo de la adultez. La amplitud necesita ir unida con oportunidades de realizar actividades intensamente focalizadas, que permitan y fomenten el "flujo". La extensión del respaldo para estos tipos de aprendizaje debería prolongarse hasta bien avanzada la tercera década de vida, para todas las personas jóvenes, no sólo para aquellos que han ingresado a la educación superior sino también para aquellos que han ingresado al mundo laboral.
7. Las actividades extracurriculares deberían tener mucho mayor significado. Muchas de las experiencias de "flujo" y de regocijo en el aprendizaje se experimentan fuera de los contextos formales de aprendizaje más que dentro de ellos, y la gente joven que "fracasa" dentro del colegio puede desarrollar sus identidades y lograr la aprobación de sus pares (y a menudo lo hace), a través de actividades no convencionales que proporcionan esta experiencia y el agrado de aprender. Cómo las actividades extracurriculares y opcionales son valoradas y respaldadas por los profesores, son de crucial importancia en la adolescencia. Se debería construir sobre este potencial para todos los aprendices y no sólo confinarse a aquellos que tienen recursos y acceso, gracias a sus padres. El aprendizaje también aumentará cuando el aprendizaje previo, y la experiencia que proviene de estas actividades opcionales, sea reconocido por los aprendices y sus profesores, y se construya sobre ellos en otros ambientes de aprendizaje, permitiendo que las conexiones se consoliden y se expandan.
8. Durante los años de adolescencia a los aprendices se les debería dar la opción de elegir qué y cómo aprender, donde esto sea posible y coherente con la necesidad de ampliar la experiencia y la perspectiva.

Adicionalmente, Hallam, deduciendo a partir de una combinación de descubrimientos neurocientíficos y de la literatura sobre “habilidades”, también ha sugerido que aquellos involucrados en la enseñanza aumenten la motivación y el aprendizaje al:

- Evitar la sobrecarga del currículo.
- Establecer tareas que sean estimulantes pero no demasiado difíciles.
- Proporcionar trabajo para diferentes niveles de conocimiento previo y experiencia.
- Evitar hacer atribuciones relacionadas a la “habilidad”.
- Alentar a los estudiantes a asumir responsabilidades de su propio aprendizaje, reconociendo a la vez que esto es algo a ser aprendido en sí mismo y no algo que pueda ser pedido por los niños.

B.5. Desafíos y directrices a futuro: ¿hacia una nueva síntesis?

Esta sección final pretende:

1. Resumir brechas significativas y dimensiones faltantes en el conocimiento actual: qué se sabe; qué no se sabe y qué es importante de averiguar a continuación.
2. Considerar si se puede encontrar una nueva síntesis entre la investigación del cerebro, la ciencia cognitiva, otras ciencias sociales y la psicología evolutiva, para comprender hasta qué punto los aspectos del aprendizaje en la adolescencia pueden ser considerados como elementos clave en una etapa crítica de la vida.

Ya hemos mostrado que, a pesar de las dificultades para desenlazar los efectos de la maduración y de la experiencia, a la fecha emerge un patrón general de evidencias:

- El desarrollo cerebral continúa en la edad adulta y éste es un proceso dinámico.
- La experiencia juega un rol crucial, ya que “esculpe” y “afina” el cerebro, un proceso que continúa en la adultez, si bien se pierde cierta flexibilidad en los años posteriores.
- Mientras la “plasticidad” del cerebro disminuye con la edad, la habilidad en lo que ya hemos aprendido aumenta.
- Tenemos predisposiciones innatas, pero la evidencia cuestiona fuertemente la noción de que nuestro desarrollo está determinado desde muy temprano.

- El cerebro parece llegar a estar listo para el desarrollo de su automonitoreo y del comportamiento orientado a metas desde fines de la adolescencia, con la maduración más tardía de esta área del cerebro (las partes dorsolaterales de los lóbulos frontales).
- Hay poca evidencia para respaldar la existencia de "períodos críticos".
- Parecen existir períodos sensibles que son óptimos, pero no decisivos, para el desarrollo de capacidades especiales.
- Hay diferencias individuales considerables en la maduración cerebral.

Si bien estos patrones generales son evidentes, a la fecha sólo ha habido estudios longitudinales limitados que puedan seguir los cambios en el mismo grupo de individuos, a través de los años de la adolescencia y el comienzo de la adultez joven. Se necesita más evidencia acumulada, mediante estudios longitudinales, para elaborar estos patrones generales. También, gran cantidad del conocimiento concerniente a las relaciones entre el desarrollo del cerebro y el comportamiento está basado en interpretaciones *post hoc* en que observamos algunos cambios en el cerebro y posteriormente intentamos conectarlos con lo que ya sabemos sobre el comportamiento. Los estudios futuros necesitarán medir/observar los cambios cerebrales y del comportamiento de manera simultánea para establecer evidencia más directa.

También hemos tomado el enfoque "guiado por las ciencias sociales", que revisa lo que es sabido, observado y comprendido acerca del aprendizaje adolescente, y considera cómo la "investigación cerebral" contribuye a esa comprensión. Hemos argumentado que la investigación del cerebro no puede ni confirmar ni refutar las teorías de aprendizaje, pero podemos identificar algunas consistencias e inconsistencias entre los descubrimientos neurocientíficos y las teorías basadas e informadas por los métodos de las ciencias sociales, y extraer algunas conclusiones acerca de cuáles aspectos y de cuáles teorías podría ser ahora más o menos fructífero buscar.

Los descubrimientos neurocientíficos son coherentes con un enfoque integrador del aprendizaje, que reconozca la variación individual en la expansión de las capacidades humanas. Estas capacidades son modeladas y coconstruidas en interacción con el medio ambiente social, en un marco de largo plazo, que abarca la infancia, la adolescencia y la vida adulta. En la adolescencia, el desarrollo de las funciones cognitivas de

orden superior, el automonitoreo y la conducta orientada a metas, así como la formación de identidad, son de particular significado en este proceso de aprendizaje a largo plazo.

La neurociencia nos puede decir cómo trabaja el cerebro. La ciencia cognitiva ha intentado modelar el procesamiento de la información y los múltiples procesos del aprendizaje. Otras ramas de las ciencias sociales han iluminado los procesos sociales involucrados en el aprendizaje y en el desarrollo de capacidades humanas. Las interrogantes acerca de cómo y por qué las capacidades humanas han evolucionado de esta forma son materia para los antropólogos y psicólogos evolutivos. Es posible que una mejor integración de estas dos últimas disciplinas, en el análisis, pudiera proporcionar algunos de los vínculos y las conexiones ausentes en nuestro conocimiento actual. Por ejemplo, ya hemos argumentado que los mecanismos de adaptación, en el sentido evolutivo, pueden explicar la conducta adolescente de toma de riesgos y búsqueda de desafíos/experiencia, que no están bien explicados por las otras ciencias. Lo que está claro es que se necesitan nuevas síntesis interdisciplinarias, además de los avances en las disciplinas individuales.

Hasta ahora, la evidencia está indicando con fuerza que la educación y la organización de la enseñanza y el aprendizaje necesitan estar alineadas mucho más estrechamente con la forma en la cual las capacidades humanas se desarrollan "naturalmente" y maduran en interacción con el medio ambiente físico y social. Muchos supuestos previos acerca de las "habilidades" deben ser cuestionados. En la etapa adolescente esto implica más atención al aprendizaje previo y a la experiencia, el reconocimiento de las variaciones individuales, el fomento del dominio y el desafío, la promoción del automonitoreo y la responsabilidad cuando el adolescente se encuentre listo para ello, y el reconocimiento de que el desarrollo de nuevas capacidades continuará bastante más allá de la etapa adolescente. Producir nuevas síntesis interdisciplinarias que apoyen estos temas es el mayor desafío para el futuro.

Karen Evans y Christian Gerlach

B.6. La respuesta de los profesionales: yo tengo un sueño

He pasado bastantes años enseñando, principalmente en Francia pero también en otros países, en su mayoría a adolescentes, pero también a niños y adultos. He empleado bastante tiempo leyendo instrucciones oficiales y atendiendo sesiones de capacitación de profesores. También he dedicado muchas horas a buscar en las ciencias de la educación, ciencias sociales, psicosociología y todas las "ologías" que uno pueda imaginar. He estado soñando todos estos años acerca de una manera diferente de mirar a los aprendices. Tengo tantas convicciones construidas alrededor de lo que la enseñanza y la escolaridad deberían ser, y de pronto este artículo aparece sorpresivamente… páginas clarísimas, increíblemente concisas, que no sólo resumen sino que también respaldan con argumentos científicos la mayor parte de lo que he tenido en mente durante varios años acerca de qué y cómo deberíamos enseñar a los adolescentes.

Mi reacción a esta ponencia fue dual: por un lado es claramente consistente con mi posición hacia la educación y el aprendizaje, si bien por el otro solamente podía pensar con amargura: "¿Cuánto tiempo va a pasar antes que podamos empezar a trabajar considerando todo esto?"

Entonces, todavía mantengo mi sueño, pero ahora tengo el sentimiento de que no estaba tan equivocada, y considerando lo que la ciencia sabe hoy día, me siento más inclinada a compartir mis puntos de vista acerca de la escolaridad de los adolescentes. De hecho, creo que necesitamos mirar a los aprendices de manera diferente, así como a la enseñanza en su conjunto. Podríamos tener que pensar en definir nuevas metas para la escolaridad, nuevas misiones para los profesores y nuevos métodos de evaluación. No estoy diciendo que todo tiene que cambiar, pero nosotros (la comunidad educacional) tenemos que cambiar la manera en que vemos a los pupilos, cualquiera que sea su edad.

B.6.1. Reconsiderar la enseñanza

¿Por qué?

Aunque tendemos a tomar en cuenta la personalidad de los aprendices mucho más de lo que lo hacíamos hace unas décadas, parece ser que todavía tenemos algún trabajo que hacer en esta dirección. Los profesores

aún ven delante de ellos un grupo de personas que deben ser preparadas para un próximo examen, y que necesitan estar listas para responder las preguntas (algunas veces difíciles) que prueban su conocimiento académico. Es aun más claro que, a veces, los estudiantes son capaces de escribir un párrafo acerca de un tema que han aprendido de memoria y, sin embargo, son por completo incapaces de explicar su significado y, subsecuentemente, son incapaces de utilizarlo en una situación diferente. Es por esto que creo con firmeza que continuamos alimentándolo sin considerar qué están preparados o deseosos de tragar.

Según lo mencionado en el artículo, si tenemos en cuenta que:

1. "el aprendizaje es un proceso natural para los seres humanos" (Sección B.4.) deberíamos preguntarnos por qué a los adolescentes no les gusta el colegio y cómo podríamos reconciliarlos con el proceso de aprendizaje;
2. "el aprendizaje es mucho más que la adquisición de contenidos o el desarrollo de habilidades cognitivas" (Sección B.4.), es entonces claro que la enseñanza no es simplemente un proceso de apilar lecciones y ejercicios (aun cuando se las llame "actividades") de acuerdo con un currículo pesado y con el fin de pasar el examen.

De hecho, la enseñanza no sólo debería hacerse cargo del contenido, sino también del significado. Nadie puede aprender de forma adecuada algo que no tiene significado, y esto es aún más verdadero en los adolescentes. Obviamente, el currículo es siempre significativo y coherente en su progresión, pero tenemos que hacerlo transparente y obvio para nuestros adolescentes.

Karen Evans y Christian Gerlach concuerdan en que "el aprendizaje siempre ocurre en contextos sociales a través de la interacción entre los aprendices y su medio ambiente", lo que implica que siempre deberíamos relacionar lo que enseñamos con algo concreto, algo relacionado con el medio ambiente de los adolescentes, y que gradualmente les abra los ojos a la sociedad en la cual viven: ego, amigos y familia, escuela, ambiente de trabajo, la sociedad, la vida.

Yo agregaría a esto que la interacción no puede ocurrir cuando los temas que se enseñan no son claros para ellos.

Los conceptos abstractos son mucho mejor entendidos cuando se basan en hechos y explicaciones concretas. Un ejemplo de esto es el libro *El mundo de Sofía* de Jostein Gaarder, que entrega una manera fácil de comprender la filosofía.

Asimismo, cada asignatura enseñada en el colegio implica un vocabulario muy específico –una jerga– que los estudiantes tienen que aprender. En otras palabras, ellos deben al mismo tiempo aprender la palabra y la noción que la acompaña. Nuevamente, ésta no es una tarea imposible cuando: 1) primero se explica el tema usando palabras básicas; y 2) una vez que no hay demasiadas nociones nuevas que aprender en un día.

Yo creo que debido a que los profesores tienen que seguir un currículo sobrecargado, ellos no tienen (o no se toman) el tiempo de ir más lento en las nociones complejas; las explican una sola vez durante la clase y esperan que los alumnos trabajen duro en la casa, para entender, asimilar y digerirlas por su propia cuenta. Entonces, aquí está la pregunta que los profesores deberían aprender a considerar cada día: "¿está el adolescente promedio capacitado/motivado/dispuesto a tomar este paso por sí mismo, cuando hay tantas otras experiencias sociales que vivir una vez que el día escolar ha terminado?".

Probablemente también tienden a olvidar (¿o a minimizar?) la importancia de las otras asignaturas que los estudiantes tienen en sus currículos (a menudo tantas como 10 o 12, aunque esto varía de país en país). Sabemos que el cerebro adolescente presenta un enorme potencial de aprendizaje, pero no creo que ayudemos a lograr lo mejor de esto al enseñar y evaluar de la manera en que lo hacemos.

¿Cómo?

Un punto es que necesitamos trabajar en la metodología mucho más de lo que ahora. A menudo asumimos que, porque se encuentran creciendo, "madurando", los adolescentes están listos para trabajar por su propia cuenta. Pero, ¿dónde/cuándo en su currículo aprenden ellos a aprender? Creo que con frecuencia se les explica, pero pienso que se les debería demostrar.

No estoy diciendo que deberíamos hacer el trabajo por ellos, pero, ¿por qué no tener cierto tipo de progresión dentro del currículo, que

establezca los diferentes pasos que un aprendiz debería ser capaz de tomar en términos de aprendizaje y de lograr autonomía en su propio proceso de aprendizaje?

- Primero, esto significa que todos los profesores deberían guiar a los alumnos a preguntarse y responderse las preguntas: "¿Por qué estoy aprendiendo esto?"; "¿Por qué es esto de importancia para mí?"; "¿Dónde encaja (o encajará) esto en mi vida diaria?"; "¿Cuándo/cómo/por qué será esto de utilidad para mí?". Y si el tema no está vinculado con algo en particular dentro del medio ambiente cercano y actual del alumno, el profesor debería preguntarse: "¿Cómo está conectado con otra asignatura?". De hecho, cualquier razón puede ser dada, mientras tenga sentido para los alumnos.
- A continuación viene el tema de cómo deberían aprender ese tema. Aquí, de nuevo, los profesores deberían guiarlos en sus trabajos y mostrarles (haciéndolo con ellos durante un período bastante largo) cómo mirar de forma constante a lo que ya han hecho, vinculándolo con lo que apareció antes en la lección o a la experiencia personal, y ver/sentir la progresión natural de toda la lección.

Guiarlos en su trabajo también les muestra que no todos pueden adquirirlo todo de una sola vez, y que puede tomar tiempo. ¿Cuántos adolescentes pueden trabajar por cuenta propia en algo que no entienden, y perseverar en tratar de entender por sí mismos? Muy pocos. Ellos necesitan sentir que los profesores están trabajando a su lado –si bien no están haciéndoles su trabajo– para alcanzar metas comunes. Nuevamente, los profesores necesitan ocupar tiempo, darlo y que les sea dado, para permitir que el conocimiento se asiente.

En una etapa en la vida de una persona cuando el cerebro está óptimamente adecuado para el aprendizaje cognitivo, pienso que los profesores tienen una función importante al guiar la construcción del proceso.

Estoy convencida de que trabajar en la metodología es una de las maneras de mejorar el proceso de aprendizaje. Más allá de esto, si los alumnos terminan entendiendo cómo aprender, entonces sus profesores tal vez hayan invertido su tiempo de manera sabia en vez de haberlo perdido. Ellos habrán ayudado a los aprendices a desarrollar sus habilidades de aprendizaje, que usarán a lo largo de todas sus vidas, y probablemente los habrán ayudado a tener más confianza en sí mismos.

Otro punto que debe ser tomado en cuenta es el de la motivación. Todos sabemos que los adolescentes están más interesados en la interacción social con sus pares que en la adquisición de conocimiento académico. Sin embargo, no podemos tan sólo refugiarnos detrás de esta aseveración cuando nos enfrentamos a un adolescente obstinado. También sabemos que son por naturaleza extremadamente curiosos. ¿Por qué es raro que los profesores usen esta curiosidad para despertar la motivación y conseguir que los alumnos hagan trabajos diferentes?

De nuevo yo creo que el tiempo y un currículo sobrecargado son los responsables de esto. Quizá sería mucho más interesante y constructivo para los adolescentes pasar por los diferentes temas que deben ser estudiados vía proyectos en los cuales ellos tomaran una parte activa. Contrario a cómo se ven y aparentan ser, a la mayoría de los adolescentes les gustan los desafíos –en la medida que no sean muy difíciles de enfrentar– y están (a veces inconscientemente) deseosos de probar que pueden lograr hacer algo bien.

Sea cual fuere la asignatura escolar, siempre hay una manera de lograr objetivos académicos formales por medio de tareas informales y no académicas.

Proponer una gama de proyectos, o sólo un marco relacionado con el currículo, y pedirles a los alumnos que elijan uno y que estén a cargo de él desde su concepción hasta su realización es para mí una manera diferente y necesaria de visualizar la enseñanza.

Por supuesto, esto no significa que debamos dejar de lado temas básicos y fundamentales de enseñanza, pero implicaría tener currículos más livianos a fin de que los alumnos tengan tiempo para aprender a través del hacer. En cuanto a los profesores, ellos tendrían tiempo de considerar a los alumnos como individuos en un constante proceso de desarrollo, y por tanto les permitirían aprender mediante la interacción con un medio ambiente que ellos mismos habrían elegido.

Si fuera así, el aprendizaje provendría de varias fuentes:

1. Temas básicos de aprendizaje, que provendrían del profesor, en lo que podríamos llamar "forma tradicional";

2. Temas más amplios, que combinarían los temas importantes establecidos por el currículo y los temas personales introducidos por los alumnos.

Todo lo mencionado por Karen Evans y Christian Gerlach en su artículo acerca del cerebro y del aprendizaje en la adolescencia calza con la idea de trabajar de ese modo. Los profesores no sólo estarían guiando a un grupo de aprendices jóvenes para ascender por la escala del examen, sino que también estarían ayudándolos a ser responsables respecto de los proyectos, a tomar iniciativas, construir su personalidad y a ser más creativos y seguros de sí mismos.

B.6.2. ¿Deberíamos definir nuevas metas para la escuela y nuevas misiones para los profesores?

Cuando consideramos la educación y el aprendizaje como una interacción entre los aprendices y su medio ambiente debemos, en algún punto, tomar en cuenta la evolución de la sociedad en la cual nuestros "aprendices" viven. No pretendo profundizar en esta dirección pero hay dos puntos que quisiera destacar:

1. A medida que evolucionan los medios de comunicación (televisión, Internet, juegos en línea, etc.), todos los expertos parecen estar de acuerdo en que los adolescentes de hoy han desarrollado otras habilidades y que la mayoría tiene una cultura general más amplia que la que tenían los pupilos hace algunas décadas. Sin embargo, no estoy segura de que el currículo y las formas de enseñanza hayan seguido esta (r)evolución. Además, entre la TV, la web y las consolas, los adolescentes tienden a ser aún más pasivos de lo que eran antes. Casi nadie los fuerza a la acción. A menudo son vistos como consumidores pasivos incapaces de realizar un esfuerzo; con todo, ¿se les da en el hogar o en el colegio las oportunidades de entrar en acción?
2. La mayoría de las sociedades también han evolucionado, y no estoy segura de que los padres puedan asumir sus roles de la manera que acostumbraban hacerlo. En los suburbios empobrecidos con frecuencia encontramos apoderados que no pueden arreglárselas con lo que los profesores les piden a sus hijos hacer en sus casas. Muchas veces son incapaces de ayudar a sus hijos con sus tareas y no pueden pagar clases particulares. Por su parte, en la sociedad de la clase media

o alta a menudo los padres están cansados, estresados y ausentes debido a sus trabajos, y no siempre pueden estar presentes para ayudar a sus hijos con el colegio. A esta lista también podemos agregar familias uniparentales y varias otras situaciones.

A veces tengo la sensación de que en vez de incriminar a los padres y la forma en que educan a sus hijos, la comunidad educacional debería reaccionar y ver cómo se pueden llenar algunas de las brechas que la sociedad actual ha creado. No estoy diciendo que la escuela debería asumir el rol de los padres, pero creo que hay algo que podemos hacer para evitar que la brecha siga aumentando entre los niños que pueden ser ayudados y los que no. Yo especialmente quiero creer que el colegio es el lugar donde se les dan las mismas oportunidades a todos.

Teniendo en mente la idea de enseñar mediante la realización de proyectos, también creo que es una manera de compensar lo que los niños ya no pueden tener en sus casas. El colegio es, para mí, el lugar obvio para ayudar a "moldear" a los adolescentes, a "dar forma" a sus cerebros y desarrollar su curiosidad. También debería ser el lugar donde se les da la oportunidad de poner en acción el conocimiento adquirido dentro y fuera del colegio; la mayoría del tiempo a los profesores ni se les ocurre hacer esto. Esto está directamente vinculado con lo desarrollado en el artículo de la Sección B.4.1.

Como consecuencia de todo esto parece obvio que "deberían llevarse a cabo cambios en la organización del aprendizaje en la adolescencia". Los "cambios" mencionados en el artículo de Karen Evans y Christian Gerlach son lo suficientemente explícitos y exactos como para que no necesiten ser desarrollados más allá, pero en definitiva proponen que nuevas misiones deberían ser definidas para el colegio y los profesores. Se les debería permitir (o pedir) ampliar su rango de acción y otorgarles los medios y el tiempo para individualizar la enseñanza con mayor frecuencia. Trabajando más en la motivación y menos en el currículo sobrecargado ellos podrían ayudar al desarrollo de los procesos emocionales y cognitivos en los cerebros de los adolescentes.

Sin embargo, hay un punto que no aparece en el artículo y que viene junto con la enseñanza: la evaluación y las calificaciones. Si las calificaciones pueden ser alentadoras y motivadoras, también pueden ser

desalentadoras e inhibidoras. En algunos sistemas escolares, los niños obtienen calificaciones a edades tan tempranas como a los cuatro años. Algunas veces hay presiones sobre los niños desde la primera infancia, y para aquellos que enfrentan dificultades en una etapa temprana uno se pregunta cómo logran desarrollar algo positivo y constructivo en su proceso de aprendizaje.

Hay otro cambio que tenemos que atravesar. Creo que tenemos que repensar la evaluación y, nuevamente, encontrar una manera de evaluar la evolución de las competencias, así como también del conocimiento formal. De cierta manera, el Portafolio Europeo de Lenguaje, desarrollado por el Consejo Europeo, parece interesante, ya que permite a las personas lograr diferentes niveles de competencia sin juzgar dentro de ésta lo que es correcto o incorrecto. Por ejemplo, verificará que usted es capaz de hacer preguntas simples en un idioma extranjero, pero no dirá si usted comete pequeños errores gramaticales, si usted tiene el acento correcto o no, etcétera.

¿Por qué no pensar en establecer semejante malla de evaluación alrededor de los proyectos que un alumno podría escoger trabajar? Podría acompañar al tradicional informe de notas escolares y tal vez entregaría la oportunidad a algunos estudiantes (en particular a aquellos que sufren de dislexia, discalculia, síndrome de déficit de atención) de lograr muchos mejores resultados que aquellos alcanzados en evaluaciones puramente académicas.

Ahora regreso a la realidad y siento que hay una posibilidad de que algunas puertas se abrirán pronto a diferentes formas de enseñanza. Sin embargo, hay todavía mucho que hacer y un largo camino por recorrer antes de que podamos “reconocer la variación individual, alentar el dominio y el desafío, promover el automonitoreo y la responsabilidad cuando el adolescente está listo para ello”. También estoy consciente de que todas estas consideraciones aplican al “adolescente promedio”, pero que no toman en consideración a aquellos con quienes psicólogos, médicos o trabajadores sociales necesitamos trabajar en el lugar (*on site*).

Sandrine Kelner

Bibliografía

Alexander, P.A. (2003), "The Development of Expertise: The Journey from Acclimation to Proficiency", *Educational Researcher*, vol. 32, núm. 8, pp. 10-14.

Altenmuller, E.O., W. Gruhn and D. Parlitz *et al.* (1997), "Music Learning Produces Changes in Brain Activation Patterns: A Longitudinal DC-EEG-study Unit", *International Journal of Arts Medicine*, vol. 5, pp. 28-34.

Baethge, M. (1989), "Individualization as Hope and Disaster", en K. Hurrelmann y U. Engel (eds.), *The Social World of Adolescents*, de Gruyter, Berlín.

Bandura, A. (1977), "Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioural Change", *Psychological Review*, vol. 84, pp. 191-215.

Bandura, A. (1989), "Regulation of Cognitive Processes through Perceived Self-efficacy", *Developmental Psychology*, vol. 25, pp. 729-735.

Bandura, A. (1997), *Self-efficacy: The Exercise of Control*, Free Press, Nueva York.

Bechara, A., H. Damasio, D. Tranel y A.R. Damasio (1997), "Deciding Advantageously before Knowing the Advantageous Strategy", *Science*, vol. 275, pp. 1293-1295.

Blakemore, S.J. y U. Frith (2000), *The Implications of Recent Developments in Neuroscience for Research on Teaching and Learning*, Institute of Cognitive Neuroscience, Londres.

Bruer, J. (1993), *School for Thought*, MIT Press.

Casey, B.J., J.N. Giedd y K.M. Thomas (2000), "Structural and Functional Brain Development and its Relation to Cognitive Development", *Biological Psychology*, vol. 54, pp. 241-257.

Casey, B.J., N. Tottenham, C. Liston y S. Durston (2005), "Imaging the Developing Brain: What Have we Learned about Cognitive Development", *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 9, pp. 104-110.

Chugani, H.T. (1998), "A Critical Period of Brain Development: Studies of Cerebral Glucose Utilization with PET", *Preventive Medicine*, vol. 27, pp. 184-188.

Chugani, H.T. y M.E. Phelps (1986), "Maturational Changes in Cerebral Function in Infants Determined by 18FDG Positron Emission Tomography", *Science*, vol. 231, pp. 840-843.

Chugani, H.T., M.E. Phelps y J.C. Mazziotta (1987), "Positron Emission Tomography Study of Human Brain Functional Development", *Annals of Neurology*, vol. 22, pp. 487-497.

Cockram, L. y H. Beloff (1978), "Rehearsing to Be Adult: Personal Development and Needs of Adolescents", National Youth Agency.

Coffield, F. (2004), *Learning Styles and Pedagogy in Post-16 Education*, Learning and Skills Development Agency, Londres.

Cole, M. y S.R. Cole (2001), *The Development of Children* (cuarta edición), Worth Publishers, Nueva York.

Coleman, J.C. (1970), "The Study of Adolescent Development Using a Sentence Completion Method", *British Journal of Educational Psychology*, vol. 40, pp. 27-34.

Coleman, J.S. (1961), *The Adolescent Society*, Free Press, Nueva York.

Csikszentmihalyi, M. (1996), *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention*, Harper Collins, Nueva York.

Damasio, A.R. (1994), *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*, G.P. Putnam, Nueva York.

Davies, I.K. (1971), *The Management of Learning*, McGraw-Hill, Londres.

Devlin, J.T., R.P. Russell, M.H. Davis, C.J. Price, J. Wilson, H.E. Moss, P.M. Matthews y L.K. Tyler (2000), "Susceptibility-induced Loss of Signal: Comparing PET and fMRI on a Semantic Task", *NeuroImage*, vol. 11, pp. 589-600.

Draganski, B., C. Gaser, V. Busch, G. Schuierer, U. Bogdahn y A. May (2004), "Changes in Grey Matter Induced by Training: Newly Honed Juggling Skills Show up as a Transient Feature on a Brain-imaging Scan", *Nature*, vol. 472, pp. 111-112.

Durston, S., H.E. Pol, B.J. Casey, J.N. Giedd, J.K. Buitelaar y H. van Engeland (2001), "Anatomical MRI of the Developing Human Brain: What Have we Learned?", *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, vol. 40, pp. 1012-1020.

Dweck, C.S. y E.L. Leggett (1988), "A Social Cognitive Approach to Motivation and Personality", *Psychological Review*, vol. 95, núm. 2, pp. 256-373.

Elliott, E.S. y C.S. Dweck (1988), "Goals: An Approach to Motivation and Achievement", *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 54, pp. 5-12.

Entwistle, N. (1984), "Contrasting Perspectives on Learning", en F. Marton, D. Hounsell y N. Entwistle (eds.), *The Experience of Learning*, Scottish Academic Press, Edimburgo, pp. 1-18.

Erikson, E.H. (1968), *Identity, Youth and Crisis*, Norton, Nueva York.

Evans, K. y A. Furlong (1998), "Metaphors of Youth Transitions: Niches, Pathways, Trajectories or Navigations", en J. Bynner, L. Chisholm y A. Furlong (eds), *Youth, Citizenship and Social Change in a European Context*, Avebury, Aldershot.

Evans, K., N. Kersh y S. Kontiainen (2004), "Recognition of Tacit Skills: Sustaining Learning Outcomes in Adult Learning and Work Re-entry", *International Journal of Training and Development*, vol. 8, núm. 1, pp. 54-72.

Evans, K. y W. Heinz (1994), *Becoming Adults in England and Germany*, Anglo-German Foundation for the Study of Industrial Society, Londres.

Flechsig, P. (1901), "Developmental (myelogenetic) Localisation of the Cerebral Cortex in the Human Subject", *Lancet*, 19 de octubre, pp. 1027-1029.

Fuster, J.M. (2002), "Frontal Lobe and Cognitive Development", *Journal of Neurocytology*, vol. 31, pp. 373-385.

Gardner, H. (1984), *Multiple Intelligences*, Basic Books, Nueva York.

Giedd, J.N. (2004), "Structural Magnetic Resonance Imaging of the Adolecent Brain", *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1021, pp. 77-85.

Giedd, J. N., J. Blumenthal, N.O. Jeffries, F.X. Castellanos, H. Liu y A. Zijdenbos *et al.* (1999), "Brain Development during Childhood and Adolescence: A Longitudinal MRI Study", *Nature Neuroscience*, vol. 2, pp. 861-863.

Hallam, S. (2005), *Learning, Motivation and the Lifespan*, Bedford Way Publications, Institute of Education, Londres.

Havighurst, R.J. (1953), *Human Development and Education*, Longman's, Nueva York.

Hodkinson, P. y M. Bloomer (2002), "Learning Careers: Conceptualising Lifelong Work-based Learning", en K. Evans, P. Hodkinson y L. Unwin

(eds.), *Working to Learn: Transforming Learning in the Workplace*, Routledge, Londres.

Illeris, K. (2004), *Adult Education and Adult Learning*, Roskilde University Press, Roskilde.

Johnson, M.H. y Y. Munakata (2005), “Processes of Change in Brain and Cognitive Development”, *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 9, pp. 152-158.

Keating, D.P. y B.L. Bobbitt (1978), “Individual and Developmental Differences in Cognitive Processing Components of Mental Ability”, *Child Development*, vol. 49, pp. 155-167.

Kohlberg, L. y C. Gilligan (1971), *The Adolescent as Philosopher*, *Daedalus*, vol. 100, pp. 1051-1086.

Krawczyk, D.C. (2002), “Contributions of the Prefrontal Cortex to the Neural Basis Human Decision Making”, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 26, pp. 631-664.

Mueller, C.M. y C.S. Dweck (1998), “Intelligence Praise can Undermine Motivation and Performance”, *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 75, pp. 33-52.

Paus, T. (2005), “Mapping Brain Maturation and Cognitive Development during Adolescence”, *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 9, pp. 60-68.

Paus, T., D.L. Collins, A.C. Evans, G. Leonard, B. Pike y A. Zijdenbos (2001), “Maturation of White Matter in the Human Brain: A Review of Magnetic Resonance Studies”, *Brain Research Bulletin*, vol. 54, pp. 255-266.

Piaget, J. (1967), *Six Psychological Studies*, University of London Press, Londres.

Pinker, S. (2002), *The Blank Slate: The Modern Denial of Human Nature*, Viking, Nueva York.

Premack, D. y A. Premack (2003), *Original Intelligence: Unlocking the Mystery of Who We Are*, McGraw-Hill, Nueva York.

Rauschecker, J.P. y P. Marler (1987), “What Signals are Responsible for Synaptic Changes in Visual Cortical Plasticity?”, en J.P. Rauschecker y P. Marler (eds.), *Imprinting and Cortical Plasticity*, Wiley, Nueva York, pp. 193-200.

Resnick, L.B. (1987), "Learning in School and Out", *Educational Researcher*, vol. 16, pp. 13-20.

Simos, P.G. y D.L. Molfese (1997), "Electrophysiological Responses from a Temporal Order Continuum in the Newborn Infant", *Neuropsychologia*, vol. 35, pp. 89-98.

Sowell, E.R., B.S. Peterson, P.M. Thompson, S.E. Welcome, A.L. Henkenius y A.W. Toga (2003), "Mapping Cortical Change across the Human Life Span", *Nature Neuroscience*, vol. 6, pp. 309-315.

Spear, L.P. (2000), "The Adolescent Brain and Age-related Behavioral Manifestations", *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 24, pp. 417-463.

Stevens, B. y R.D. Fields (2000), "Response of Schwann Cells to Action Potentials in Development", *Science*, vol. 287, pp. 2267-2271.

Sylvester, R. (1995), *A Celebration of Neurons: An Educators' Guide to the Human Brain*, Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD), Alejandría.

Twenty-first Century Learning Initiative (borrador, 2005), "Adolescence: A Critical Evolutionary Adaptation, 21st Century learning Initiative", Bath.

Tyler, L.K., W. Marslen-Wilson y E.A. Stamatakis (2005), "Dissociating Neurocognitive Component Processes: Voxel-based Correlational Methodology", *Neuropsychologia*, vol. 43, pp. 771-778.

Wall, W.D. (1968), *Adolescents in School and Society*, National Foundation for Education Research, Slough.

White, T., N.C. Andreasen y P. Nopoulos (2002), "Brain Volumes and Surface Morphology in Monozygotic Twins", *Cerebral Cortex*, vol. 12, pp. 486-493.

ARTÍCULO C
El cerebro, la cognición y el aprendizaje en la madurez

Por

Raja Parasuraman, Universidad de George Mason, Fairfax, VA, EE.UU.

Rudolf Tippelt, Universidad de Ludwig-Maximilian, Múnich, Alemania

Liet Hellwig, profesor de TEFL [Enseñanza del inglés como idioma extranjero] y formador de profesores TEFL, Vancouver, Canadá

C.1. Introducción

Virtualmente todas las sociedades dentro del mundo desarrollado, y un creciente número en los países en desarrollo, están presenciando un crecimiento sin precedentes de sus poblaciones de hombres y mujeres mayores, sobre todo de mujeres (Keyfitz, 1990; OECD, 2005). El rápido cambio social también está demandando en forma creciente a los adultos mayores la adquisición y el uso de información compleja con nuevas tecnologías, no sólo en el lugar de trabajo, sino también en muchos aspectos del hogar y de la vida diaria. Estas demandas pueden plantear considerables desafíos para los adultos mayores, enfrentados a una declinación de las habilidades sensoriales, perceptuales y cognitivas a medida que envejecen. Consecuentemente, hay razones perentorias para comprender los efectos del envejecimiento sobre el aprendizaje adulto, tanto desde las perspectivas psicológicas y educacionales como desde el punto de vista de los mecanismos cerebrales subyacentes que apoyan la cognición y el aprendizaje.

El aprender y el envejecer no pueden separarse de los problemas biogenéticos, médicos, psicológicos, sociales y pedagógicos. En consecuencia, comprender el cerebro, la cognición y el aprendizaje en la edad adulta requiere un enfoque interdisciplinario (Bransford, Brown y Cocking, 2004). Por un lado, la investigación cerebral intenta comprender las operaciones y funciones que subyacen al comportamiento cognitivo,

afectivo y social. Por lo tanto, la investigación del cerebro y la neurociencia proporcionan ideas acerca del desarrollo y también de las restricciones del cerebro que aprende. Por su parte, la investigación educacional y del envejecimiento considera que los logros culturales, económicos y políticos de las sociedades modernas dependen de las habilidades de resolución de problemas de sus ciudadanos a través de ciclo vital completo. Estas habilidades son adquiridas en diferentes instituciones del sistema educacional, así como también en procesos de aprendizaje informal y formal autoorganizados.

C.1.1. ¿Qué es el aprendizaje?

Es difícil proporcionar una definición consistente del concepto "aprendizaje", ya que el término es empleado de varias maneras según la disciplina de que se trate. Desde una perspectiva psicológica, el aprendizaje puede ser definido como un cambio en la eficiencia o el uso de los procesos cognitivos básicos, conscientes e inconscientes, que promueven una resolución de problemas y un desempeño más eficaz en las tareas de la vida cotidiana. Según esta perspectiva, el aprendizaje y el pensamiento están conectados de manera tal, que la cognición es una precondición necesaria pero no suficiente para el aprendizaje. Desde el punto de vista educacional, el "aprendizaje" también debe ser considerado en su relación con la acción en el mundo. Por lo tanto, el aprendizaje no solamente se trata de una expansión del conocimiento, sino también de un cambio en los patrones de acción.

Se debe distinguir también entre los procesos de aprendizaje formales, no formales e informales, especialmente en la edad adulta. El aprendizaje formal se vincula con las instituciones educacionales, mientras que el aprendizaje no formal tiene lugar en clubes, asociaciones o en el trabajo. Sin embargo, el aprendizaje informal se relaciona con los procesos educacionales, en muchos casos no intencionales, que ocurren fuera de los escenarios de aprendizaje predefinidos (Tippelt, 2004). Por último, el aprendizaje puede ser considerado un proceso continuo de toda la vida. A pesar de ello, y en parte debido a la complejidad de las etapas prevalentes en la vida y de las fases de aprendizaje, las investigaciones empíricas sobre la infancia, juventud y el envejecimiento adulto aún coexisten en gran medida como disciplinas independientes, y rara vez se

mezclan en una perspectiva uniforme de "investigación del ciclo vital" (Weinert y Mandl, 1997).

C.1.2. El cerebro humano en la edad adulta

Dado que la perspectiva psicológica y la educacional consideran al aprendizaje como reflejando, al menos en parte, el desarrollo y la expresión de diferentes procesos cognitivos, uno se puede preguntar qué mecanismos neuronales están involucrados. Desde una perspectiva neurobiológica, el aprendizaje puede ser considerado como un cambio en la fuerza y eficiencia de las conexiones neuronales que apoyan los procesos cognitivos (ver Spitzer, 2002). Está ampliamente aceptado que, aunque el cerebro humano contiene todas sus principales estructuras cuando un bebé nace, cambios significativos en el número de neuronas, conectividad y eficiencia funcional continúan luego del nacimiento y a través de toda la infancia. Además, la maduración y el desarrollo estructural del cerebro continúan después de la niñez y la adolescencia, y hasta bien entradas las primeras etapas del adulto joven, esto es, hasta mediados de los veinte años de edad.

Si consideramos la edad adulta como el período entre los veinte y los ochenta años, cambios estructurales y funcionales en el cerebro continúan siendo vistos dentro de este rango de edad, aunque tienden a ser menos marcados y algo sutiles, excepto en el caso de trastornos de la vejez, tales como la demencia, en cuyo caso, se observan cambios impresionantes en la estructura y en la función cerebral. Por mucho tiempo se creyó que debido al hecho que el cerebro logra aproximadamente 90% de su tamaño adulto a la edad de seis años, no tenían lugar mayores cambios en la madurez. No obstante, ahora sabemos que el cerebro experimenta cambios significativos durante toda la vida. Las técnicas modernas de la neuroimagenología nos permiten ahora una cuantificación precisa de estas alteraciones. Aún más, estos cambios reflejan no sólo mecanismos iniciados genéticamente, sino que también representan las respuestas del cerebro a factores ambientales y del estilo de vida.

Otro "dogma" neuronal que ha sido derribado en años recientes es que no se encuentran neuronas nuevas en la madurez. Sin embargo, ahora ha sido concluyentemente establecido que el crecimiento de nuevas neuronas –o *neurogénesis*– ocurre en el hipocampo (Eriksson *et al.*,

1998) y quizás en otras regiones cerebrales también. El significado de este descubrimiento ha sido reforzado aún más por estudios que muestran que la neurogénesis adulta en el hipocampo está involucrada en la formación de nuevas memorias (Shors *et al.*, 2001). De esta manera, el aprendizaje en la edad adulta está –al menos– en parte mediado por cambios estructurales en el cerebro, incluyendo la formación de nuevas neuronas. El desafío es comprender los mecanismos precisos mediante los cuales tales cambios están asociados con la variación relacionada a la edad en la cognición y el aprendizaje en la edad adulta.

C.1.3. Perspectiva general de esta ponencia

En esta ponencia nos enfocamos en los cambios neuronales que ocurren durante la edad adulta, un período que abarca el rango de edad de los 20 a los 80 años. Las investigaciones acerca del cerebro y la investigación educacional son ciencias cuya base es empírica, que intentan proporcionar una guía a los profesionales y gestores de políticas para sus decisiones a partir de los descubrimientos empíricos validados. Hoy en día, las opiniones e ideologías para las decisiones políticas importantes no son suficientes, pero ¿podemos ofrecer conocimiento empírico para el aprendizaje y la educación basado en la evidencia? Además, ¿pueden los neurocientíficos y los investigadores educacionales ofrecer guías que no caigan en la ingenua trampa de la "neurologización" sugiriendo implicaciones para las prácticas educacionales a partir de relatos populares y mal informados acerca de la función cerebral? (Bruer, 1997). Creemos que es posible. De acuerdo con ello, esta ponencia enmarca la interrogante desde las dos perspectivas de la neurociencia y la investigación educacional, coherente con el enfoque cooperativo interdisciplinario que es necesario para una mejor comprensión del aprendizaje (OECD, 2002).

Examinamos cómo se relacionan los cambios del cerebro con los cambios cognitivos y conductuales significativos que también ocurren durante la edad adulta. El objetivo final es considerar qué implicaciones tienen estos cambios relacionados con la edad para el aprendizaje, la enseñanza y la educación y para el funcionamiento óptimo en los adultos mayores.

C.2. Cambios en la cognición y el aprendizaje relacionados con la edad adulta

C.2.1. El envejecimiento cognitivo

Una gran cantidad de investigaciones acerca de los cambios en la cognición y el aprendizaje relacionados con la edad ha sido conducidos por investigadores en el campo del envejecimiento cognitivo (Baltes, 1993; Salthouse, 1996). La mayoría de estos trabajos han usado diseños transversales en los cuales son comparadas diferentes cohortes de adultos jóvenes y adultos mayores. Sin embargo, algunos estudios han usado el más poderoso método longitudinal en el cual se hace un seguimiento a una cohorte de individuos durante un período de tiempo a medida que envejecen y son sometidos a pruebas [*tested*] en varias tareas cognitivas. Ambos estudios, tanto los transversales como los longitudinales han llegado a la conclusión de que algunas funciones perceptivas y cognitivas declinan en eficiencia con el envejecimiento adulto, mientras que otras permanecen estables y llegan a ser más desarrolladas y eficientes. (Baltes, 1993; Park y Schwarz, 1999). El patrón de cambio relacionado con la edad puede ser resumido de la siguiente forma: mientras los adultos mayores son en general más lentos y tienen una memoria inferior a la de los jóvenes, exhiben habitualmente un conocimiento general y verbal superior, una resolución creativa de problemas y lo que puede denominarse "sabiduría" (Baltes y Staudinger, 2000; Sternberg, 1990). En términos de pérdidas relacionadas con la edad, los adultos mayores son más lentos (Salthouse, 1996; Schaie, 2005) y tienen una capacidad de memoria operativa reducida en comparación con adultos más jóvenes (Dobbs y Rule, 1989).

También existe evidencia convincente de una declinación lineal con la edad en el funcionamiento sensorial periférico de la vista y de la audición (ej. agudeza de la retina) y central (ej. sensibilidad motora) (Lindenberger, Scherer y Baltes, 2001).

Otra forma de caracterizar los cambios en la cognición relacionados con la edad se da en términos de la distinción entre la inteligencia fluida y la cristalizada (Cattell, 1963). La inteligencia fluida muestra una continua disminución desde alrededor de la cuarta década de la vida en adelante. Por otra parte, la inteligencia cristalizada permanece estable o mejora.

La habilidad verbal y el conocimiento del mundo superior de los adultos mayores en comparación con los jóvenes, puede también permitirles compensar los déficits en la velocidad de procesamiento y en la memoria operativa (Kruse y Rudinger, 1997).

Un estudio integral que examinó múltiples dominios de la percepción y de la cognición es ilustrativo del tipo de cambios relacionados con la edad que con frecuencia se ven en los estudios de investigación del envejecimiento cognitivo. Park *et al.* (2002) dieron varias tareas –incluyendo algunas que detectaban la velocidad de procesamiento, la memoria operativa, la memoria de largo plazo y el vocabulario– a una muestra de alrededor de 300 adultos de edades entre 20 y 90 años. El uso de una muestra relativamente grande permitió normalizar (z) los puntajes de desempeño para ser calculados por cada década en este rango de edades. Park *et al.* (2002) encontraron disminuciones aproximadamente lineales en el desempeño a través de las décadas de edades en el procesamiento, memoria operativa y memoria de largo plazo (recuerdo libre y con señales o claves), mientras que el vocabulario (pruebas de WAIS y Shipley) se mantuvo constante durante la edad adulta media y aumentó entre los 60 y los 80 años.

Un patrón similar de disminuciones relacionadas con la edad casi lineal en la velocidad de procesamiento, memoria operativa y la memoria de largo plazo fue informado por Baltes y Lindenberger (1997) en el Estudio de Berlín sobre el Envejecimiento desde los 25 a los 103 años de edad. Una característica notable de este estudio es que se observó que la declinación relacionada con la edad no difería de manera significativa como una función de la educación, la clase social o el ingreso. Por otra parte, la disminución relacionada con la edad en los procesos sensoriales básicos –la agudeza visual y auditiva– era un poderoso determinante de la disminución perceptual y cognitiva. Los autores concluyeron que el funcionamiento sensorial como medida básica de integridad neuronal no contaminada por el medio ambiente o por factores sociales, proporcionaba un mediador biológico fundamental de la disminución cognitiva relacionada con la edad.

El envejecimiento adulto también puede influir el uso de estrategias de tareas o de procesamiento de prioridades en el desempeño de tareas cognitivas. Esto puede ser particularmente cierto cuando se coloca a

los adultos mayores en escenarios poco familiares o en aquellos que les requieren exhibir nuevos aprendizajes. Los adultos mayores parecen asignar las prioridades de procesamiento de manera diferente que los jóvenes, quizás debido a la necesidad de redestinar recursos de procesamiento disminuidos como la capacidad de la memoria operativa. Esto se puede demostrar incluso para destrezas o habilidades en apariencia bien aprendidas o "automáticas" como caminar. Por ejemplo, Li *et al.*, (2001) evaluaron los efectos de la edad en un paradigma de tarea doble en la cual los individuos fueron entrenados por separado en una tarea de memorización y en una tarea de caminar y subsecuentemente evaluados juntos en ambas tareas. Encontraron que los adultos mayores eran bastante hábiles en caminar durante la doble tarea de caminar/memorizar, pero a un costo respecto de su desempeño de memorización, en comparación con cuando sólo se memorizaba. Los resultados sugieren que los adultos mayores priorizaron hacer bien la tarea de caminar, en detrimento de la tarea de memorización, mientras que los adultos jóvenes no necesitaban explícitamente adoptar una estrategia específica y podían llevar a cabo bien ambas tareas. En comparación con los jóvenes, los adultos mayores son más propensos a depender de información "de arriba hacia abajo" cuando está disponible, al pedírseles que realicen tareas atencionales complejas. Por ejemplo, buscar objetivos entre distractores dentro de una escena visual desordenada es dependiente de ambos factores "de abajo hacia arriba" –la prominencia del objetivo y su similitud con los distractores– así como factores de arriba hacia abajo como el conocimiento de la ubicación o forma del objetivo. Greenwood y Parasuraman (1994, 1999) hicieron que participantes jóvenes y mayores buscaran en una gran colección visual, un objetivo particular especificado por la conjunción de forma y color. Previo a la presentación de la colección para la búsqueda, a los participantes se les entregó conocimiento previo de la posible ubicación espacial del objetivo a través de señales que variaban en la precisión de la ubicación. Estas señales tuvieron un mayor efecto al acelerar el tiempo en encontrar el objetivo en los adultos mayores que en los jóvenes. El uso de diferentes prioridades de procesamiento también puede ser interpretado como una estrategia protectora, dado el simultáneo deterioro de la capacidad de procesamiento y el aumento del conocimiento en los adultos mayores (Park e*t al.*, 2002). Por ejemplo, Hedden, Lautenschlager y Park (2005) informaron que los adultos mayores dependían más de su conocimiento

verbal (superior) en tareas de memoria de asociación de pares, que los adultos más jóvenes, quienes tendían a depender más de la velocidad de procesamiento y de la capacidad de memoria operativa.

En suma, hay evidencia sustancial para la declinación relacionada con la edad de las funciones sensoriales, la velocidad de procesamiento, la memoria operativa, y de la memoria de largo plazo. Al mismo tiempo, el vocabulario, la semántica, el conocimiento del mundo y la sabiduría tienden a mejorar con la edad. Éstas son funciones cognitivas clave que contribuyen individual y colectivamente al éxito del aprendizaje. El envejecimiento también parece estar acompañado por cambios en las prioridades y estrategias de las tareas: un adulto mayor parece ser más dependiente de factores de arriba hacia abajo, y por tanto puede ser penalizado cuando estos apoyos de arriba hacia abajo no están disponibles. Cada uno de estos cambios en el funcionamiento cognitivo puede impactar de manera negativa en nuevos aprendizajes en los adultos mayores. Sin embargo, junto con ello los adultos mayores pueden ser capaces de compensar su disminución del funcionamiento cognitivo básico, aplicando su considerablemente mayor capacidad verbal y de conocimiento del mundo a la solución de un problema dado. Aprovechar las ganancias del envejecimiento adulto para compensar las pérdidas podría ser una posible estrategia para intervenciones educacionales y de formación orientadas a aumentar el aprendizaje en los adultos mayores.

C.2.2. El aprendizaje continuo: una perspectiva de la educación de adultos

La perspectiva de desarrollo a través del ciclo vital proporciona un enfoque complementario al marco del envejecimiento cognitivo descrito en la sección anterior. Esta perspectiva reconoce la contribución fundamental de Erik Erikson (1996) de que el desarrollo ontogenético es un proceso continuo. Ninguna edad específica tiene el monopolio del desarrollo humano y el aprendizaje es continuo y acumulativo. Al mismo tiempo, pueden ocurrir procesos de aprendizaje sorprendentes y discontinuos a lo largo de toda la vida. Si bien Erikson estaba interesado sobre todo en cómo las personas enfrentan las crisis a través de la vida, la investigación educacional moderna respecto al aprendizaje, el desarrollo y la educación, enfatiza la multidireccionalidad de los cambios ontogenéticos. A modo de ejemplo, los estudios recientes han establecido la

interacción de la autonomía y la dependencia, por lo que en el transcurso de la vida puede observarse entre los adultos mayores una dinámica entre el crecimiento, la manutención y la regulación de pérdida (Baltes, 1993; Lehr, 1991). Por lo tanto, el aprendizaje y el desarrollo no siempre implican un aumento en la capacidad o un aumento en el sentido de mayor eficiencia. Si bien en la primera etapa de nuestra vida, el principal objetivo de aprendizaje es alcanzar un alto nivel de autonomía y empatía, a medida que envejecemos comienza a ser cada vez más trascendente manejar la pérdida de independencia física, y aprovechar las redes sociales de apoyo creativa y productivamente.

La prevención de la dependencia es una de las metas de aprendizaje más importantes de la edad adulta avanzada, porque la manutención de las competencias asegura que la habilidad de desempeñarse y el crecimiento personal actúan juntos (Alterskommission, 2005). El curso del desarrollo es fuertemente dependiente del trasfondo social y de la situación de vida individual. Los sociólogos por un lado, enfatizan el contexto histórico del aprendizaje, es decir, que el aprendizaje a lo largo de la vida no está sólo restringido por precondiciones biológicas y cognitivas, sino que también por condiciones sociales y culturales asociadas a épocas históricas. En esta perspectiva, el desarrollo relacionado con la edad está asociado con experiencias colectivas de cohorte relacionadas con crisis económicas o bienestar, valores culturales y experiencias políticas básicas. Por ejemplo, en las sociedades modernas los adultos tienen un nivel educacional promedio más elevado y una mayor familiaridad con las oportunidades educacionales que las generaciones anteriores. El incremento en la expectativa de vida y la innovación técnica presentan el riesgo de que los sistemas de conocimiento lleguen a quedar obsoletos pronto. Ya no es suficiente la focalización de los procesos educacionales sólo en los primeros años de la vida; además, desde la perspectiva de las personas y de la sociedad, el trabajo debe vincularse con el aprendizaje continuo. Por un lado, tal aprendizaje se enfoca socialmente en el mejoramiento de la habilidad económica de ser competitivo, y el apoyo de la habilidad individual de la ocupación y también del reforzamiento de la cohesión social en las sociedades modernas plurales e individualizadas. Por otra parte, el aprendizaje continuo, especialmente individual, aspira al desenvolvimiento independiente de la personalidad y a la manutención de la independencia en la edad adulta. Se debe tener

en mente tal perspectiva cuando se considera la relación del cerebro y el aprendizaje en dicha edad.

En la investigación relacionada con el aprendizaje y la educación, así como en la gerontología, se distingue entre las formas normales, óptimas y patológicas de envejecer (Thomae, 1970; Kruse 1997; Lehr, 1991). Los procesos de envejecimiento de los individuos por lo general son muy diferentes unos de otros. De acuerdo con esto, las estrategias de aprendizaje y los enfoques de investigación también tienen que diferenciarse y tener en consideración los factores individuales. En las siguientes secciones de esta ponencia consideramos las diferencias individuales desde las perspectivas cognitivas, genéticas y neuronales.

El proceso normal de envejecimiento y las formas óptimas de aprendizaje en la edad adulta se enfocan en el mejoramiento de las condiciones pedagógicas, médicas, psicológicas y sociales básicas y de los servicios ofrecidos. El enfoque supone que las oportunidades de aprendizaje temprano en la familia o en el colegio tienen un efecto positivo en el desarrollo personal a futuro, y en el aprendizaje activo de la persona en su edad adulta (ver Feinstein *et al.*, 2003). Este enfoque analiza el proceso de envejecimiento con la ayuda de un modelo de competencia optimista, reemplazando el modelo de déficit más limitado, que simplemente correlaciona el envejecimiento con pérdidas cognitivas, psicológicas y sociales (ver Kruse y Rudinger, 1997).

Con independencia del modelo deficitario, una segunda vía de investigación debe analizar las concomitantes patológicas del envejecimiento. Esto se refiere a las diferentes demencias y a las diversas enfermedades que actúan en combinación, y que suceden a menudo en la edad adulta avanzada. La prevención, empezando en la juventud o en la edad adulta temprana, contiene la posibilidad de una vida larga con buena salud, independiente y compartiendo las responsabilidades. Existe una perspectiva de reducir las enfermedades y la deficiencia mental –con un incremento de la expectativa de vida adicional– en los últimos años de nuestra vida (Baltes, 2003); de modo que basados en esta compresión hagamos posible un envejecimiento de preferencia prolongadamente activo y explorativo. Estos temas hacen surgir interrogantes importantes respecto de la investigación del cerebro: ¿qué sabemos de los estudios de imagenología cerebral en los adultos mayores? ¿Afectan las diferencias

interindividuales las funciones cerebrales y pueden ser compensados los procesos de información corticales? ¿Cómo están representadas en el cerebro las diferentes formas de los procesos cognitivos y emocionales? Por último ¿cómo podemos aprovechar la creciente literatura de la neurociencia cognitiva sobre el envejecimiento para lograr un envejecimiento óptimo y mejorar las oportunidades de aprendizaje en la edad adulta? En las siguientes secciones abordamos algunas de estas preguntas.

C.3. El envejecimiento y la función cerebral: neuroimagenología estructural

El cerebro que envejece está asociado con una variedad de cambios estructurales en niveles múltiples de organización neuronal, desde la intracelular, a la neuronal, a la intercortical. En lo general, los estudios *post mortem* han revelado que el envejecimiento está acompañado de una disminución de aproximadamente 2% en el peso y volumen del cerebro por cada década (Kemper, 1994). Los estudios mediante tomografía computarizada (TC) y la imagenología de resonancia magnética (IRM) han confirmado que el volumen global del cerebro muestra una reducción sistemática correlacionada de manera negativa con la edad (Raz *et al.*, 2005). De estas dos técnicas, la IRM tiene mayor sensibilidad y es particularmente útil para distinguir entre la materia gris (neuronas) y materia blanca (axones). Mediante una IRM de alta resolución, uno no sólo puede diferenciar los cambios de volumen de la materia gris y blanca, sino también cuantificar los cambios de volumen en las estructuras corticales y subcorticales específicas en el cerebro, así como también en los ventrículos.

La información de la IRM indica que el envejecimiento está acompañado por una reducción del volumen de materia gris (Resnick *et al.*, 2003; Sowell *et al.*, 2003). Esta reducción en el volumen puede ser observada tan luego como a los treinta años (Courchesne *et al.*, 2000) pero habitualmente es más confiable detectarla en adultos mayores de 50 años o más. Como puede verse en un estudio reciente en el cual se evaluó un amplio rango de edad entre los 15 y los 90 años (Walhovd, *et al.*, 2005), la pérdida de la materia gris cortical muestra una disminución gradual a lo largo de la vida, pero ésta es más evidente después de la medianía de edad. Sin embargo, debe notarse que la reducción en

el volumen de la materia gris relacionada con el envejecimiento, no ha mostrado o reflejado una reducción en la cantidad de neuronas. (Por lo tanto el antiguo proverbio de que uno pierde células cerebrales en la medida que envejece no es necesariamente verdadero). Si bien se ha informado de alguna evidencia de desgaste neuronal (Kemper, 1994), esto sigue siendo controversial, y otros han sugerido que el volumen de materia gris perdida puede reflejar un encogimiento neuronal más que una pérdida de neuronas.

Además de los cambios en la materia gris, el envejecimiento está también asociado con alteraciones en la materia blanca, aunque actualmente la evidencia es aleatoria respecto de la extensión de tales cambios. Algunos estudios han informado que no hay ningún cambio en relación con la edad en el volumen total de la materia blanca (Good *et al.*, 2001) mientras otros han encontrado que el volumen de materia blanca (Guttman *et al.*, 1998) se reduce con la edad. Walhovd *et al.* (2005) observaron una reducción general, aunque el patrón de disminución no era consistente. También se han encontrado en los adultos mayores anormalidades en la materia blanca –"hiperintensidades" que pueden representar ya sea degradación local de los axones o vascular– (Guttman *et al.*, 1998).

C.4. El envejecimiento y la función cerebral: neuroimagenología funcional

Además de los cambios estructurales, varios estudios de tomografía por emisión de protones (TEP) y de IRM funcional (IRMf) en adultos jóvenes y mayores, han revelado diferencias relacionadas con la edad en los patrones de activación regional del cerebro durante el desempeño de tareas perceptuales y cognitivas. En un estudio TEP, Grady *et al.*, (1994) mostraron que en comparación con los jóvenes, los adultos mayores registraban una disminución en la activación de la corteza occipital en una tarea de cotejar facciones. En general se ha encontrado que los adultos mayores muestran una activación reducida de las modalidades específicas de las regiones corticales dedicadas al procesamiento de la percepción primaria, es decir, de la corteza occipital y temporal durante tareas de detección y reconocimiento visual.

Al mismo tiempo que el envejecimiento parece estar asociado con una reducción de la activación en las regiones de procesamiento corticales específicamente perceptuales, también se ha informado de evidencia de activación en otras regiones del cerebro no vista en adultos jóvenes. En especial, varios estudios han puesto de manifiesto que los adultos mayores muestran un aumento en la activación de la corteza prefrontal (CPF), incluyendo activación bilateral en tareas de decisión léxica (Madden *et al.*, 1996), búsqueda visual (Madden *et al.*, 2004), y resolución de problemas (Rypma y D'Esposito, 2000).

Varias explicaciones han sido propuestas para estas diferencias relacionadas con la edad en los patrones de activación. Una teoría es que la activación adicional, en especial de la CPF en los adultos mayores, puede compensar un sistema neuronal con una capacidad de procesamiento en declinación (Park *et al.*, 2002; Rosen *et al.*, 2002). Por ejemplo, Gutchess *et al.*, (2005) descubrieron que los adultos mayores tenían mayor activación de la CPF medial que los jóvenes mientras codificaban retratos en una tarea de memoria, mientras que los adultos jóvenes indicaban mayor activación del hipocampo. Esto sugiere que los adultos mayores compensaban los déficits en el procesamiento del hipocampo reuniendo recursos adicionales desde las áreas frontales, una teoría neuronal similar a la perspectiva cognitiva discutida antes, en la cual los adultos mayores usaban diferentes estrategias de procesamiento, incluyendo su conocimiento verbal superior, para compensar la disminución en su capacidad de procesamiento.

Otra perspectiva es que los hallazgos reflejan una reducción de la lateralización cerebral en los adultos mayores, con los ancianos mostrando una activación bilateral durante las tareas que en los jóvenes están lateralizadas en el hemisferio izquierdo (es decir, la codificación episódica) o lateralizadas en el hemisferio derecho (la atención visual) (Cabeza, 2002). También coherente con la idea de que los ancianos requieren un procesamiento bilateral para completar con éxito tareas que son procesadas unilateralmente en las personas jóvenes, es la evidencia de la estimulación magnética transcraneana (EMT). Aplicando la EMT sólo al dorsolateral derecho de la CPF en personas jóvenes interfería con la recuperación, mientras que en las personas ancianas, aplicando EMT interfería con ambos hemisferios (Rossi *et al.*, 2004).

Los resultados de estos estudios de neuroimagenología sugieren que los adultos mayores pueden compensar su disminución en la capacidad de procesamiento activando áreas neuronales diferentes y/o adicionales, la CPF particular. Si esta idea es correcta, sugeriría una flexibilidad, e indicaría que no sólo la plasticidad es también una característica del cerebro del adulto mayor, sino que continúa en la edad adulta posterior. Sin embargo, no todos los resultados de la neuroimagenología pueden acomodarse con facilidad a la hipótesis de la "compensación" de activación adicional de regiones corticales en los adultos mayores. Por ejemplo, en comparación con los jóvenes, las personas mayores mostraron una activación más débil del hipocampo en una gama de tareas, pero una activación del parahipocampo más fuerte durante la recuperación episódica (Grady, McIntosh y Craik, 2003). Además, Colcombe *et al.* (2005) informaron hace poco que mientras algunos adultos mayores mostraron una mayor activación adicional de la CPF en una tarea de control inhibitorio [*flanker**] comparada con la tarea, este patrón se vio únicamente en aquellos cuyos puntajes quedaron en la mitad inferior respecto de la tarea. Aquellos que tuvieron buenos puntajes de desempeño mostraron el mismo patrón de activación de la CPF que el grupo joven.

En resumen, los estudios de neuroimagenología funcional han revelado con regularidad diferencias relacionadas con la edad en la activación regional del cerebro durante el desempeño de tareas perceptuales y cognitivas. Estas diferencias están marcadas especialmente en la CPF, la cual se sabe que es importante para las funciones "ejecutivas" de orden superior del cerebro, que pueden ser particularmente sensibles al envejecimiento. Sin embargo, aún no hay consenso acerca del significado teórico de los cambios relacionados con la edad en la activación cerebral. El reciente estudio de Colcombe *et al.*, (2005) ofrece la posibilidad de que pueda surgir una síntesis, dado que estos autores indicaron que los patrones de activación "anormales" en los adultos mayores podían vincularse a un desempeño más bajo en la tarea, mientras que los individuos con buen desempeño mostraron un patrón "normal". Dado que el desempeño de tareas en los adultos mayores puede ser mejorado con capacitación y otras intervenciones, es posible que el grado de "normalización" de los patrones de activación cerebral pueda ser usado como

* N. del T. "*flanker*" corresponde en castellano al jugador de fútbol o rugby que corre por los lados de la cancha, denominado a veces "lateral" o "alero".

marcador para evaluar el éxito de las intervenciones de capacitación en la población mayor.

C.5. Diferencias individuales en los cambios cerebrales y cognitivos relacionados con la edad

En las secciones anteriores hemos revisado evidencia que indica que, considerándolos en lo general, los adultos mayores muestran una variedad de cambios en diferentes aspectos del funcionamiento cognitivo. El envejecimiento también es acompañado por cambios globales y regionales en el volumen de la materia gris y blanca. Es posible que estos cambios estén correlacionados, de manera que aquellos que ocurren en la estructura del cerebro están vinculados causalmente a cambios en la cognición relacionados con la edad. Sin embargo, cualquier vínculo de tal tipo debe ser capaz de dar cuenta de las diferencias individuales respecto de las variaciones relacionadas con la edad que han sido observadas. La extensión de la disminución cognitiva relacionada con la edad, varía sustancialmente entre los individuos. Algunas personas exhiben una disminución precipitada de la eficiencia cognitiva a medida que envejecen, mientras que otros sólo muestran pérdidas modestas, y unos pocos mantienen un funcionamiento cognitivo con un nivel casi constante durante toda su vida. Aún más, cuando se evalúan habilidades cognitivas más elevadas, una fracción sustancial de los individuos mayores muestran pérdidas modestas o mantiene el funcionamiento con la edad (Wilson *et al.*, 2002).

Dado que los adultos mayores exhiben deficiencias en la velocidad de procesamiento, la memoria operativa y el funcionamiento ejecutivo en comparación con adultos más jóvenes, y que los adultos están acompañados por cambios cerebrales estructurales y alteraciones en el patrón regional de la activación cerebral durante el desempeño de tareas cognitivas, uno se pregunta si los cambios cognitivos y del cerebro están asociados. Ciertamente hay evidencia de patrones paralelos en los cambios cognitivos con la edad, y los posibles mediadores neuronales de estos cambios cognitivos (Cabeza, Nyberg y Park, 2005). Tanto el volumen de la materia gris como el de la blanca se encogen con la edad (Bartzokis *et al.*, 2003; Resnick *et al.*, 2003). No obstante, igual que con la declinación cognitiva, hay una considerable variación individual (Raz *et al.*, 2005).

¿Qué factores subyacen a estas diferencias individuales en la integridad cerebral y cognitiva en el envejecimiento? Es tentador atribuir a la variación cognitiva normal y a la asociada con la edad los cambios en el volumen cerebral, y varios estudios han indicado una asociación entre la pérdida de volumen cortical prefrontal y reducciones en las funciones cognitivas que intervienen en los procesos "ejecutivos" e inhibitorios (para una revisión, ver Raz *et al.*, 2005). Con la llegada de nuevas técnicas de neuroimagenología como la imagenología que utiliza un tensor de difusión en 3D [*Diffusion Tensor Imaging*] para evaluar la integridad del axon en el cerebro humano viviente, también se han informado asociaciones entre los cambios cognitivos y el volumen de materia blanca (Bartzokis *et al.*, 2003). Tales asociaciones son significativas debido al descubrimiento general de que las funciones ejecutivas de orden superior son altamente sensibles a los cambios relacionados con la edad, y que tales funciones son críticas para el aprendizaje y la expresión de la inteligencia fluida (Cabeza, Nyberg y Park, 2005). Sin embargo, las asociaciones entre el volumen cortical o de materia blanca, y los cambios cognitivos relacionados con la edad no son regularmente fuertes. Por ejemplo, un metaanálisis reciente del volumen del hipocampo y el funcionamiento de la memoria en adultos de mediana edad y mayores encontró que la relación era débil (van Petten, 2004).

El patrón variable de las asociaciones del volumen del cerebro y la cognición en los adultos mayores sugiere que se necesita estudiar variables moderadoras adicionales. Los factores medioambientales incluyen oportunidades para nuevos aprendizajes e interacción social, entrenamiento, ejercicio, estimulación mental, etc. Los efectos de algunos de estos modificadores medioambientales sobre el envejecimiento cerebral y cognitivo han sido identificados (p. ej. Raz *et al.*, 2005).

Además de los factores medioambientales, los genes también juegan un papel importante. Estudios en mellizos han mostrado que los factores genéticos contribuyen sustancialmente a la variación normal de la habilidad cognitiva general o *g* (Plomin, DeFries, McClearn y McGuffin, 2001). La heredabilidad de *g* aumenta a lo largo de la vida: alcanza .62 en aquellos que tienen más de 80 años (McClearn *et al.*, 1997). Tanto un *g* elevado (Schmand *et al.*, 1997; Whalley *et al.*, 2000) como un funcionamiento cognitivo elevado (Snowdon *et al.*, 1996) en los inicios de

la vida protegen después contra la enfermedad de Alzheimer. La elevada heredabilidad de *g* sugiere convincentemente que la genética también debe cumplir un papel en la variación entre individuos, respecto de la extensión de los cambios cognitivos relacionados con la edad.

C.6. La genética y las diferencias individuales en la cognición

Mucho de lo que sabemos acerca de la genética de la cognición ha provenido de estudios de gemelos en los cuales se comparan mellizos fraternales idénticos para evaluar la heredabilidad de un rasgo. Este paradigma ha sido empleado con amplitud en la investigación de la genética del comportamiento por más de un siglo. Por ejemplo, ha sido empleado para mostrar que la inteligencia general o *g*, es altamente heredable (Plomin y Crabbe, 2000). Sin embargo, este enfoque no puede identificar los *genes particulares* involucrados en la inteligencia o los componentes cognitivos de *g*. Los avances recientes en la genética molecular permiten ahora un enfoque diferente, complementario a la genética del comportamiento: el de la *asociación alélica*. Este método ha sido aplicado en años recientes al estudio de las diferencias individuales de la cognición en individuos saludables, y ha revelado evidencia de modulación en el desempeño de tareas cognitivas por parte de genes específicos (Fan, Fossella, Sommer, Wu y Posner, 2003); Greenwood *et al.*, Parasuraman, Greenwood y Sunderland, 2002; ver Greenwood y Parasuraman, 2003, para una revisión).

En el método de la asociación alélica, las variaciones *normales* en los genes candidatos –aquéllos considerados como probables de que influyan una habilidad cognitiva dada, debido al rol funcional del producto de cada proteína del gen en el cerebro– son identificados y examinados por su posible asociación con las funciones cognitivas. Más de 99% de las secuencias individuales del ADN en el genoma humano no difieren entre los individuos, y por lo tanto son de interés limitado en la investigación de las diferencias individuales en la cognición normal. Sin embargo, una pequeña proporción de pares base de ADN (bp, sigla en inglés) ocurre en diferentes formas o alelos. La variación alélica se debe a leves diferencias en la cadena de ácidos nucleicos que componen el gen –comúnmente el resultado de la sustitución de un nucleótido por

otro– un polimorfismo de nucleótido simple (PNS, cuya sigla en inglés es SNP). Luego entonces, la proteína cuya producción es dirigida por ese gen es alterada correspondientemente (ver Parasuraman y Greenwood, 2003).

Si la inervación neurotransmisora de las redes cerebrales subyacentes a una función cognitiva en particular es conocida, entonces en principio uno puede vincular los PNS que influyen la función neurotransmisora con la función cognitiva. Por ejemplo, en relacón con la atención y la memoria operativa, un creciente número de evidencias a partir de estudios de lesiones, electrofisiológicos, de neuroimagenología y farmacológicos, apuntan al rol de las redes cerebrales posteriores mediadas colinérgicamente en la atención espacial, y de las redes CPF ricas dopaminérgicamente en los procesos de la memoria operativa y control ejecutivo (Everitt y Robbins, 1997). Los genes de los receptores de dopamina son candidatos probables para efectos genéticos en los procesos de la memoria operativa y de control ejecutivo, debido a la importancia de la inervación dopaminérgica para estas funciones.

Un gen candidato que puede estar vinculado con las diferencias individuales en la memoria operativa es el gen dopamina betahidroxilasa (DBH), el cual está involucrado en el proceso de convertir la dopamina en norepinefrina en las vesículas adrenérgicas de las neuronas. Un polimorfismo en el gen DBH, una sustitución de G a A en 444, exon 2 (G444A) en el cromosoma 9q34, ha sido asociado con casos familiares de trastorno de hiperactividad y déficit de atención. Hay tres genotipos asociados con este PNS, AA, AG y GG. Parasuraman *et al.*, (2005) examinaron el rol del DBH en la atención y la memoria operativa en un grupo de adultos sanos, de edades entre 18 y 68 años. La tarea de la memoria operativa que usaron involucró mantener una representación de hasta tres localizaciones espaciales (puntos negros) durante un período de tres segundos. Al final de la espera, un punto rojo de prueba aparecía solo, ya sea en la misma ubicación que uno de los puntos objetivos (coincidiendo) o en una ubicación diferente (no coincidiendo). Los participantes tenían dos segundos para decidir si la ubicación del punto de prueba coincidía con uno de los puntos objetivos. La precisión de la coincidencia disminuía a medida que aumentaba el número de ubicaciones que debía ser mantenido en la memoria operativa, demostrando

la sensibilidad de la tarea a las variaciones en la carga de la memoria. La precisión era equivalente para todos los tres genotipos DBH en la carga de memoria más baja, pero aumentaba con mayores "dosis de gene"* del alelo G, en particular en el caso de la carga más elevada (tres objetivos). En esta carga más elevada, la precisión de la memoria para el alelo GG (dosis de gene G=2) era significativamente mayor que la del AG (dosis de gene G= 1) y del alelo AA (dosis de gene G= 0), con un efecto de tamaño .25, que es un efecto de tamaño "moderado" según la terminología de Cohen (1988). Parasuraman *et al.* (2005) también administraron una tarea de atención visoespacial con poco o ningún componente de memoria operativa al mismo grupo de participantes. Las diferencias individuales en el desempeño de esta tarea no estaban significativamente relacionadas con la variación alélica en el gen DBH. Además, la precisión de la memoria operativa a la mayor carga de memoria no estaba correlacionada con el desempeño en la tarea de atención. Resumiendo, estos descubrimientos apuntan a una asociación sustancial entre el gen DBH y el desempeño de la memoria de trabajo.

Parasuraman *et al.* (2005) encontraron que aumentar la dosis de genes del alelo G del DBH estaba asociado con un mejor desempeño de la memoria operativa. Este efecto era más aparente cuando el número de localizaciones objetivos por retener era elevado. Así, la asociación entre el gen DBH y la memoria operativa era particularmente marcada bajo condiciones que ponían más a prueba el sistema de dicha memoria. Tanto estos resultados como otros (ver Parasuraman y Greenwood, 2003), indican que se puede usar análisis genéticos moleculares para identificar la contribución genética de las diferencias individuales en la cognición. Aún más, estos descubrimientos han sido extendidos a individuos de la edad adulta media y a adultos mayores, en los cuales los efectos interactivos de genes neurotransmisores tales como el DBH, con genes de reparación neuronal como la apolipoproteina E (APOE) han sido demostrados (Greenwood *et al.*, 2005; Espeseth *et al.*, 2007). El hallazgo de que las diferencias individuales en la memoria operativa pueden estar asociadas con el gen DBH es interesante, porque la capacidad de la memoria operativa ha sido vinculada con la eficiencia en el aprendizaje, la toma de decisiones, la resolución de problemas y muchas

*N. del T. Cantidad de copias del gen

otras tareas cognitivas complejas que operan a partir de las funciones ejecutivas del cerebro. Las diferencias individuales en la capacidad de la memoria operativa están bien documentadas (Conway y Engle, 1996) y conocidas por su confiabilidad (Klein y Fiss, 1999). Una elevada capacidad de memoria operativa está asociada con una mejor habilidad para filtrar la interferencia en la tarea de Stroop (Kane y Engle, 2003). Así, los individuos mayores con una elevada capacidad de memoria operativa pueden ser más capaces de adaptarse a nuevas situaciones de aprendizaje y mostrar una menor necesidad de tareas inducidas controladas de arriba hacia abajo, compensando la disminución en la velocidad de procesamiento debido a la edad, según lo discutido anteriormente. Aún más, tal como se discute en la sección precedente, los métodos de entrenamiento cognitivos también podrían usarse para aumentar la capacidad de la memoria operativa en los adultos mayores seleccionados.

C.7. Formación y envejecimiento

C.7.1. Formación cognitiva

Existe alguna evidencia de que la "estimulación cognitiva", ya sea autoiniciada o por miembros de la familia, puede cumplir un rol en mantener la función cognitiva en los adultos mayores, los que de otra forma podrían mostrar una significativa disminución relacionada con la edad (Karp *et al.*, 2004). Wilson *et al.* (2002) le pidieron a adultos mayores medir su nivel de participación en una variedad de actividades cognitivas exigentes como escuchar la radio, leer, practicar juegos e ir al teatro. Aquellos individuos que informaron un mayor involucramiento en estas actividades se desempeñaron mejor en una batería de pruebas cognitivas que aquellos que informaron menor involucramiento. De forma importante, el análisis longitudinal indicó que tal estimulación cognitiva también llevaba a un menor riesgo de desarrollar la enfermedad de Alzheimer en estos individuos.

Si ciertas opciones de estilo de vida son exitosas para mantener la función cognitiva en los adultos mayores, ¿pueden demostrarse beneficios relacionados mediante formas específicas de entrenamiento cognitivo? Dado el bien aceptado descubrimiento de que los adultos mayores exhiben disminución en las funciones cognitivas básicas como la velocidad de procesamiento, la memoria operativa y la memoria de largo plazo, ha

habido un considerable interés en el uso de programas de entrenamiento o capacitación cognitiva orientados a aumentar la eficiencia de estas funciones. Habitualmente se entrena a los adultos mayores para una tarea cognitiva específica en la cual exhiben una disminución relacionada con la edad, y se busca evidencia de un mejoramiento potencial en las tareas relacionadas.

C.7.2. Formación: la perspectiva del desarrollo

Una perspectiva del desarrollo en la formación indica que la vida de una persona –la transición del colegio al trabajo, encontrar una pareja, ser padres, diferentes etapas en las carreras profesionales, manejo de crisis y la jubilación– puede dividirse en sucesivas "tareas de desarrollo" (Lehr, 1986, Kruse, 1999). Según esta perspectiva, cada edad puede ser caracterizada por ciertas tareas de desarrollo que involucran la interacción de: 1) la maduración biológica-psicológica; 2) las expectativas sociales y exigencias de esa edad; y 3) los intereses individuales y las oportunidades de aprendizaje. Además, las experiencias en las etapas anteriores de la vida y la situación de vida actual, son en conjunto responsables de la realización de este desarrollo potencial (ver Tippelt, 2002).

Un conjunto reciente de información longitudinal a gran escala de 1958 personas de edades entre 30 y 40 años ha indicado los amplios beneficios de participar en cualquier forma de educación (Schuller *et al.*, 2004). La alfabetización y los conocimientos básicos de matemáticas en la edad adulta tuvieron efectos positivos en el comportamiento saludable (fumar, beber alcohol, nivel de ejercicio, índice de masa corporal), el bienestar (satisfacción con la propia vida, depresión, salud general), y la participación política (interés político, votar, participación cívica). Incluso se ha encontrado que la participación en educación promueve la tolerancia racial, por lo menos en los hombres (ver Bynner, Schuller y Feinstein, 2003). La educación superior está claramente correlacionada con la participación en organizaciones voluntarias más tarde en la vida, por ello los graduados adultos tienen más probabilidades de involucrarse en la comunidad local que otros. El involucramiento en aprender, como la asistencia activa a cursos de educación adulta, tuvo efectos positivos en el comportamiento saludable, la tolerancia social y la ciudadanía activa. Por otra parte, la participación en cursos para ocupar el tiempo libre [*leisure*] no tuvo un efecto general preventivo de la depresión.

La conclusión a partir de esta información longitudinal es clara: la educación no es sólo una opción para el gobierno, sino un prerrequisito absoluto para promover el bienestar personal y de una sociedad cohesionada (ver Feinstein *et al.*, 2003).

Estos descubrimientos a partir de estudios de adultos de mediana edad también se extienden a adultos mayores. La educación continua [*further education*] ha señalado la importancia que tiene para los adultos mayores la educación y el conocimiento previo para muchos tipos de aprendizaje continuo (ver Becker, Veelken, y Wallraven, 2000). Actualmente hay un espíritu de época [*zeitgeist**] acerca del "envejecimiento exitoso" que hasta cierto punto (aunque no por completo), ha superado el modelo de "déficit" de décadas anteriores. La visión de hoy es que la competencia y la habilidad para desempeñarse puede ser mantenida hasta la edad adulta avanzada. Mientras los procesos de aprendizaje de hecho cambian a medida que se envejece, la capacidad de aprendizaje se mantiene (ver Schaie, 2005, Baltes y Staudinger, 2000). Así, a pesar de la disminución en las operaciones de procesamiento cognitivo y sensorial básicas relacionada con la edad (según lo descrito en la Sección C.2.) y en el funcionamiento de las estructuras cerebrales de respaldo (ver Sección C.3. y C.4.), el conocimiento adquirido en las etapas anteriores de la vida está disponible para ser recuperado y usado para nuevos aprendizajes. El aprendizaje adquirido en una etapa temprana de la vida, ya sea creado en escenarios formales (educativos) o informales (familia, escuela, trabajo y ambientes sociales), puede ser usado para los efectos de proporcionar el preconocimiento necesario para las estrategias de aprendizaje eficaces en la edad adulta. El resultado de tales experiencias anteriores de aprendizaje continúa teniendo efectos hasta bien entrada la edad adulta (Kruse, 1999).

Además, el autoconocimiento y la identidad son componentes importantes del desarrollo adulto, en especial la experiencia y el contexto emocional de los recuerdos (memorias relacionadas con uno mismo). Tales memorias proporcionan el marco para una perspectiva integrada del desarrollo incluyendo el ciclo vital, el desarrollo del cerebro, el aprendizaje y el ambiente social y la predisposición genética. De manera

* N. del T. En alemán en el original, corresponde literalmente a "espíritu de la época".

Sorprendente, se ha desarrollado muy poca investigación sobre la calidad emocional de las memorias en los estudios de investigación educacional (ver Welzer y Markowitsch, 2001, pág. 212).

La necesidad de una persona de desarrollarse no sólo concierne a la infancia y la juventud, sino que se extiende a lo largo de toda la vida. Los adultos, sin embargo, son en mayor medida responsables de involucrarse en los contenidos y formas de aprender (ver Tippelt, 2000). En las investigaciones psicológicas acerca de la motivación, este interés en el aprendizaje aparece en el concepto de "flujo" (Csikszentmihalyi, 1982), o el placer de "perderse en el tiempo" mientras se está aparentemente involucrado en una actividad desafiante sin realizar esfuerzos. Este concepto también ha sido denominado de diferente forma por White (1959) como el "sentimiento de eficacia", por deCharms (1976) como "el sentimiento de la propia eficiencia" y de "autodeterminación" y por Heckhausen (1989) como "emparejar la acción y la meta de la acción". Además, las convicciones positivas de autoeficiencia y de "atribución interna" (locus de control) tienen un efecto de apoyo de la habilidad cognitiva para desempeñarse entre todos los aprendices (ver Jennings y Darwin, 2003).

Un enfoque especial es el concepto de sabiduría, que es considerado como un punto final ideal del desarrollo humano, aunque altos niveles de sabiduría relacionada con el conocimiento son raros. El período final de la adolescencia y de la edad adulta temprana es la ventana de edad principal para el surgimiento de la sabiduría relacionada con el conocimiento. La base de la sabiduría radica en la armonización de la mente y de la virtud hacia el bien personal y público. Los predictores más poderosos del conocimiento relacionado con la sabiduría no son factores cognitivos como la inteligencia (*cf.* Sternberg, 1990). Las experiencias de vida específicas (ej. la práctica en un campo involucrado con problemas complejos de la vida) y los factores relacionados con la persona, como la apertura a la experiencia, la creatividad y una preferencia por la comparación, evaluación y juicio de información, son mejores predictores (ver Baltes, Glück y Kunzmann, 2002; Baltes y Staudinger, 2000).

Desde una perspectiva orientada al desarrollo, las competencias de los adultos mayores incluyen numerosas habilidades, destrezas e intereses que permiten más que la meta de mantener su propia independencia.

Por competencia se entiende la habilidad de la persona para mantener o restablecer una vida significativa, con sentido [*meaningful*] dependiente, relacionada con tareas, en un medio ambiente estimulador, de apoyo, que promueve el enfrentamiento activo y consciente con las tareas y tensiones (ver Kruse, 1999, pág. 584). El despliegue de la competencia, por tanto, está siempre vinculado a las características positivas del medio ambiente social e institucional. Por lo tanto, las discapacidades que puedan ocurrir requieren un medio ambiente técnicamente apoyador y sin restricciones, así como también del apoyo de otras personas y organizaciones.

La competencia también puede ser vinculada con el *capital humano,* similar a otros recursos en una economía, ej. la competencia de los mayores de 50 años crea una riqueza de capital humano en el sector laboral que la sociedad de servicios y del conocimiento no está aprovechando plenamente. Los empleados de mayor edad tienen la reputación de ser menos flexibles y menos estables respecto de su salud, pero no sólo las personas responsables del personal en las empresas enfatizan cada día más sus importantes experiencias laborales, vigor mental, lealtad y confiabilidad operacional, mediante su habilidad para tomar decisiones y actuar tan bien como sus competencias sociales y comunicativas (ver Lahn, 2003; Karmel y Woods, 2004; Williamson, 1997; Wrenn y Maurer, 2004). Podría demostrarse que los problemas de salud de los empleados de mayor edad no ocurren en general sino que aumentan en los casos de lugares de trabajo inconvenientes, sin posibilidades de aprendizaje y que no permiten el desarrollo (ver Baethge y Baethge-Kinsky, 2004; Feinstein *et al.*, 2003). Los programas educacionales para las personas mayores tienen funciones preventivas y sirven para el mantenimiento de las habilidades cognitivas, así como para la salud física y mental (ver Lehr, 1991; Alterskommission, 2005). Sin embargo necesitamos más evaluaciones mediante estudios longitudinales de la producción (efectos al corto plazo) y del resultado (consecuencias a largo plazo) para discutir los efectos de diferentes formaciones o capacitaciones sobre una mejor base empírica.

Buenos ejemplos de tales medidas educacionales son los programas "Volviendo a los 45 +" los cuales son especialmente atractivos para mujeres, y que reaccionan a las cifras tan bajas de empleo en las mayores

de 50 años en muchos países (Eurostat, 2003). En la Unión Europea, Suecia tiene la mayor tasa de empleo en mayores de 50 años, con 75%, y Bélgica tiene la menor, con 42%. Si uno asume que el pequeño número de mujeres y hombres mayores de 50 años en el sector del empleo es contradictorio con el potencial laboral de los empleados mayores, los siguientes elementos en mediciones educacionales probados de manera empírica tienen sentido en relación con el regreso al trabajo, si uno aprovecha las competencias especiales de los empleados de mayor edad y permite sus debilidades (ver Kruse, 2005):

- Técnicas de comunicación social: conversaciones en forma de diálogos y en grupos, cooperación y trabajo en equipos, formación en aplicación, formación en negociación.
- Entrenamiento cognitivo: entrenamiento en aprendizaje y uso de la memoria, la aplicación de estrategias cognitivas familiares, la adquisición de nuevas competencias de resolución de problemas, pensamiento sintético y conceptual, capacitación en conductas de planificación.
- Conocimiento de la tecnología de información y comunicación: búsqueda activa de información relevante, intercambio y almacenamiento de conocimiento.
- Profundización de experiencias prácticas e internados: transferencia de conocimientos, aumento de la motivación y de la confianza.
- Conocimiento general respecto del mercado laboral y del nuevo rol del trabajo: estrategias para el reingreso, perspectivas laborales en la segunda mitad de la vida propia y el doble rol en la familia y el trabajo.

En cursos relevantes, se alcanzaron efectos cognitivos y sociales –se mejoraron las habilidades de concentración, la velocidad en el manejo de las cosas y las competencias conversacionales de los participantes–. Se pudieron ver efectos que promueven la salud en aspectos como el neuroticismo –disminuyeron significativamente el temor, la irritabilidad, los estados depresivos y la vulnerabilidad, de manera tal que las situaciones de conflicto diario, crisis y estrés fueron manejadas de mejor manera debido a una mayor robustez mental–. Por tanto, la evaluación de tales medidas es alentadora, pero también indica que se está reaccionando sobre todo frente a medios ambientes exaltados socialmente.

En general, se puede observar –y esto es mostrado por estudios representativos de la educación de adultos (ver Barz y Tippelt, 2004)– que en el aprendizaje continuo, especialmente en lo que respecta al desarrollo profesional, existen desigualdades significativas, ya que tanto los grados educacionales, las calificaciones relacionadas con el trabajo, el estatus laboral, el sexo, la nacionalidad, edad y también los estilos de vida tienen serios efectos, por lo que son necesarios ambientes de aprendizaje específicos y focalizadamente orientados a grupos. Las barreras del aprendizaje y la educación que a menudo son mencionadas en estudios empíricos, *no tienen mucho que ver con la principal capacidad de aprendizaje* de los adultos mayores, pero en comparación se discuten fuertemente la "estructura de ofertas y oportunidades" de la educación postescolar.* Al envejecer, la participación en la educación postescolar, y sobre todo en la relacionada con el trabajo, disminuye fuertemente. Desde un punto de vista teórico del aprendizaje, esta disminución asociada con la edad en la participación en la educación postescolar no puede ser justificada –una excepción son los académicos de mayor edad que mantienen, y aún aumentan su participación en la educación postescolar–. La realidad todavía generalizada de las estrategias de las compañías de no integrar operacionalmente a los adultos mayores mediante la educación postescolar permanece siendo contradictoria con las ideas aportadas por las investigaciones acerca del desarrollo y del aprendizaje.

C.8. Creando ambientes positivos de aprendizaje para adultos

Naturalmente, las condiciones ambientales relacionadas con el aprendizaje y los escenarios de aprendizaje didácticos concretos, deben considerar las ideas del aprendizaje teórico, de la pedagogía de adultos y de la gerontología. ¿Pero qué significa esto para un aprendizaje adecuado para adultos? Tres conceptos de aprendizaje modernos son especialmente importantes: el aprendizaje basado en competencias, el constructivista y el situado.

* N. del T. Se traducirá "*further education*" por "educación postescolar", por cuanto abarca muchos ámbitos diferentes que van desde cursos de educación superior a cursos técnicos o de ocupación del tiempo libre.

C.8.1. El aprendizaje basado en competencias: prepararse para resolver problemas

El término "competencia" se desarrolló en la educación postescolar a partir de un debate respecto de las calificaciones claves en la formación vocacional (ver Achatz y Tippelt, 2001), pero desde entonces se ha establecido en el campo de la educación escolar y de la formación postescolar. Sobre todo en la comparación internacional de educación (OECD, 2004; estudio OECD PISA) y respecto de los esfuerzos para desarrollar estándares nacionales de educación, el término fue importado y convertido en la definición de las metas educacionales. Aquí ayuda una definición de Weinert (2001), quien entiende las competencias como "habilidades y destrezas cognitivas a fin de resolver ciertos problemas así como ser capaz de hacer uso de una voluntad y habilidades motivacionales, volitivas y sociales relacionadas con éstos de forma exitosa y responsable en situaciones variables" (*ibid.*, pág. 27f). Por lo tanto, las competencias están siendo introducidas como una vara de medición del aprendizaje exitoso, el cual en forma inversa hace que la creación de competencias también sea la meta de los eventos educacionales. Ante todo, alcanzar esta meta requiere que los profesores y los aprendices cambien su comprensión de los roles a los que permiten más actividad, autoimpulso y autorresponsabilidad de los aprendices, y principalmente, le asigna a los profesores funciones de apoyo, como compañía, apoyo y reflexión (ver Achatz y Tippelt, 2001, pág. 124f). Para crear competencias se puede recomendar considerar diferentes principios del aprendizaje en clase. El aprender con la ayuda de actividades significativas y problemas prácticos, así como conectar los contenidos del aprendizaje a contextos de aplicación relevantes, pertenece a ellos. Por encima de todo tiene que promoverse la independencia del individuo que aprende y la cooperación de los aprendices y debe prestarse atención a la diversidad metódica. En este contexto, el aprendizaje relacionado con proyectos, que también encuentra su expresión en modelos educacionales que funcionan como empresas [*enterprise-operational*], prueba ser muy adecuado.

C.8.2. El aprendizaje constructivista: aprovechando las experiencias subjetivas

Si se siguen las discusiones teóricas de las últimas décadas acerca de los procesos de aprendizaje, dos neurobiólogos son considerados como

los fundadores de la filosofía constructivista moderna del aprendizaje: Maturana y Varela (ver Siebert, 1998). Sus concepciones centrales son la primera piedra de la teoría del aprendizaje constructivista y también están siendo confirmadas en los estudios cerebrales recientes (p. ej., Spitzer, 2002; Siebert y Roth, 2003).

En conclusión, desde un punto de vista constructivista, el aprendizaje siempre ocurre individualmente y de una forma basada en la experiencia. El conocimiento nuevo siempre resume conocimiento ya existente, y puede llevar a su transformación y diferenciación. Esta expansión del conocimiento ocurre a través de nuevas experiencias o mediante la reflexión crítica de nuestros propios constructos cognitivos en la confrontación con otros. Los requerimientos específicos respecto de la organización de oportunidades de aprendizaje pueden ser derivados de esto (ver Tippelt y Schmidt, 2005):

- La creación de conocimiento no puede ser iniciada solamente por los profesores, sino también es siempre la responsabilidad de los aprendices. Los profesores son responsables de entregar los recursos y organizar entornos de aprendizaje estimulantes (la enseñanza expositiva aún es un factor importante, pero no dominante).
- El intercambio social favorece los procesos del aprendizaje y por lo tanto debe ser promovido.
- Asimismo, el aprendizaje orientado a problemas es deseable y contribuye a la creación de conocimiento orientado a aplicaciones.
- Los nuevos contenidos de aprendizaje debieran siempre resumir el conocimiento previo individual. Una clase organizada de acuerdo con los principios constructivistas podría fomentar, por ejemplo, que las personas que están aprendiendo se extendieran de antemano relatando sus experiencias, opiniones y perspectivas relacionadas con un tema.

Los resultados neurocientíficos han entrado de manerar progresiva en el campo de mira de la pedagogía en los últimos años, y tienen que ser considerados adicional y complementariamente por estas concepciones –y no como de moda– (ver Stern, 2004; Pauen, 2004). Los estudios neurobiológicos indican que la estructuración de nuestro cerebro ocurre sobre todo durante la infancia y la juventud. Sin embargo, los cambios estructurales y funcionales continúan en la edad adulta y durante toda

la vida, aunque tienden a ser menos marcados que a comienzos de ella (excepto por el caso de las enfermedades demenciales en los ancianos). Debido a los cambios asociados con la edad en la eficiencia procesadora, a medida que uno envejece el aprendizaje de nuevo material toma más tiempo, mientras que el conocimiento ya existente se hace cada vez más diferenciado y se torna más preciso (ver Spitzer, 2002, y las secciones C.4. y C.5. de esta ponencia). Los papeles significativos que atención, motivación y emoción cumplen en el éxito del aprendizaje, los cuales han sido señalados por los investigadores del cerebro (ver Singer, 2002), validan los descubrimientos pedagógicos.

Es generalmente válido que el aprendizaje está relacionado con la creación de significado. El aprendizaje sucede mediante la interpretación de impresiones sensoriales. Los significados construidos de esta manera permiten crear nuevos vínculos sinápticos entre las neuronas del cerebro, y por lo tanto el aprendizaje (Roth, 2004). Los resultados de la investigación neurobiológica completan y apoyan los postulados principales de la investigación del aprendizaje constructivista, y asimismo llaman la atención al significado de la organización de entornos de aprendizaje adecuados. Ésta es también la tarea fundamental de los profesores. Asegurar las condiciones básicas adecuadas para promover el aprendizaje al grupo focal correcto, y la activación de los profesores con la ayuda de principios didácticos acertados, es más importante que las formas y las técnicas de presentación.

C.8.3. El aprendizaje situado: organizando ambientes de aprendizaje

Con base en las ideas constructivistas del aprendizaje, se desarrollaron diferentes enfoques, en los cuales se hicieron más precisas las ideas exhibidas acerca del aprendizaje y la construcción de conocimiento. Debido a sus fundamentos teóricos del aprendizaje, y a que se han convertido en conceptos prácticos de aprendizaje ya repetidamente, se ha elegido aquí un enfoque que enfatiza el sentido del contexto en el cual tiene lugar el aprendizaje.

El enfoque de aprendizaje situado se basa en la percepción de que el conocimiento es siempre adquirido en un cierto contexto, por ejemplo, la aplicación del conocimiento no es independiente de la situación en

la cual está siendo aprendido. Mientras más semejantes sean los contextos de aprendizaje y su aplicación, más seguro es que el conocimiento pueda ser convertido en una acción exitosa. Pero los adultos –a diferencia de los niños y adolescentes– aprenden más en las compañías o instituciones en las cuales supuestamente aplican los contenidos de aprendizaje que en el colegio. Esto es una ventaja del aprendizaje de adultos, y corresponde a las recomendaciones concernientes al aprendizaje situado. Es importante crear una cercanía con los posibles contextos de aplicación. Las posibilidades respecto de esta materia se expanden desde el examen de problemas a partir de perspectivas múltiples (flexibilidad cognitiva), una transición paso por paso a la resolución de problemas independiente (aprendizaje cognitivo), a la inclusión de contenidos en problemas complejos (instrucción anclada). Las dos últimas estrategias serán brevemente esbozadas a continuación (ver Tippelt y Schmidt, 2005).

El enfoque de aprendizaje cognitivo está sólidamente vinculado con la capacitación tradicional en un oficio, ya que guía al aprendiz paso a paso desde las órdenes de instrucción hacia la resolución independiente de problemas. Los aprendices se enfrentan a tareas complejas desde el comienzo, cuyo manejo es modelado para ellos por expertos. Solamente en el segundo paso se supone que el aprendiz resuelva los problemas por sí solo; entonces el experto, o más bien el profesor lo instruye y apoya. La presencia del experto disminuye paso a paso en el curso del proceso de aprendizaje, de modo que él tiene básicamente el rol de un observador durante la última etapa de aprendizaje. Este curso metódico de acción no se basa sino en la articulación de estrategias de resolución de problemas de los aprendices. Ellos están siendo estimulados a comentar sobre su propio curso de acción, y a ampliar las estrategias de resolución de problemas aplicadas durante el proceso de aprendizaje.

El enfoque de instrucción anclada también ha demostrado sus cualidades. Este enfoque involucra aprender los contenidos en problemas auténticos y complejos, para promover el análisis independiente de los aprendices, en el sentido de un aprendizaje explorativo. Los problemas basados en el mundo de la vida y la experiencia diaria son auténticos, y lo complejo significa que los problemas no han sido restringidos a los detalles relevantes para la solución, sino que el remanente filtrado de la información relevante, sacada de toda una fuente de información, también

pertenece a esta tarea. Al llevarla a cabo, aparece evidente que esto no se trata de lecciones centradas en un profesor, sino que una forma de trabajar autoimpulsada es requerida de los adultos así como de los jóvenes aprendices, mientras que los profesores moderan y específicamente brindan apoyo, a veces también dando instrucciones (ver Tippelt y Schmidt, 2005). En una aplicación repetida, los aprendices también crean estrategias generales de resolución de problemas, categorizando diferentes tipos de tareas y soluciones, y por tanto desarrollando patrones de solución integrales.

Resumiendo, hay estrategias de aprendizaje adecuadas para la educación de adultos, pero debemos tener en consideración que el envejecimiento parece estar acompañado por cambios en las prioridades de las tareas y en las estrategias de aprendizaje, que los adultos mayores compensan, por su deterioro en el funcionamiento cognitivo básico, introduciendo un mayor conocimiento verbal y experiencia basados en el mundo para resolver problemas, que los cambios cognitivos y el aprendizaje muestran diferencias individuales enormes y, lo más importante para el aprendizaje de adultos, que la plasticidad es una característica del cerebro adulto y que esto continúa hasta avanzada la madurez.

C.9. Agenda a futuro

Informados por la distinción entre el conocimiento del aprendizaje basado en la ciencia social y en la neurociencia, es obvio que existen diferencias en la cognición debido a la edad, que se da la plasticidad histórica y ontogénica del desempeño intelectual, y que una estrategia válida y significativa del aprendizaje necesita de la investigación sobre el cerebro y de la ciencia educacional. Sin embargo, la neurociencia y la ciencia educacional o incluso las ciencias sociales más amplias, tienen sus propias tareas, diferentes perspectivas y lenguajes, pero en el futuro, el aprendizaje basado en competencias debería ser entendido de una manera más profunda y significativa –teniendo en cuenta ambas perspectivas–.

Especialmente prometedor para la colaboración es el análisis de las restricciones y de los problemas de aprendizaje de ciertos grupos de aprendices en la sociedad en envejecimiento: el bienestar físico, mental y social de los aprendices mayores constituye un enorme desafío para la

investigación educacional. La investigación acerca del cerebro es capaz de mostrar que el aprendizaje previo puede mejorar el aprendizaje en los años posteriores; con ello va más allá de las explicaciones de la ciencia educacional y la psicología. Analizando las habilidades y restricciones del cerebro, la investigación del cerebro y la ciencia educacional pueden explicar mejor por qué los ambientes especiales de aprendizaje en la edad adulta funcionan, y por qué otros fracasan.

Desde un punto de vista optimista de las sociedades y los individuos, surge la pregunta: ¿de qué manera el potencial del envejecimiento y la edad puede ser de utilidad para las futuras generaciones? La promoción y el uso del potencial de las personas de mayor edad en una sociedad, están, por lo tanto, basados en el contacto de las generaciones, ya que el aprendizaje sólo tiene sentido en una sociedad orientada en el modelo de la solidaridad entre generaciones (ver Tipplet, 2000). Por ejemplo, las ventajas de los equipos de trabajo y aprendizaje, incluyendo personas de todas las edades, y una estructura equilibrada de personal en las empresas, debe hacerse más evidente mediante la investigación. Es necesario un creciente esfuerzo para hacer más flexible la transición desde la vida laboral a la vida poslaboral, debido a las grandes diferencias individuales en los potenciales cognitivos y motivacionales de los ancianos. Esto tiene que ser analizado en mayor detalle por la investigación. Y con seguridad se requiere un aprendizaje diferenciado que promueva la competencia y que tenga en cuenta el ciclo vital, y ello desafiará por mucho tiempo a la investigación del cerebro y la ciencia educacional.

Raja Parasuraman y Rudolf Tippelt

C.10. La respuesta de los profesionales

La neurociencia y la investigación educacional son esferas que están muy alejadas del mundo de la enseñanza en aulas. El artículo “El cerebro, la cognición y el aprendizaje en la edad adulta” de Parasuraman y Tippelt, no representa una lectura para la hora de acostarse para muchos profesores, ya que se enfoca en el aprendizaje adulto desde el punto de vista de la investigación del cerebro y educacional. A pesar de ello, es un gran alivio para un profesor como yo leer acerca de los descubrimientos empíricos en estos campos, porque refuerzan mis propias observaciones y prácticas en clase.

Un profesor en ejercicio está muy consciente de la contribución y el rendimiento en el escenario educacional formal, pero puede tener sólo algunas intuiciones acerca de lo que pasa en medio, dentro del cráneo del aprendiz. En otras palabras, un buen profesor tiene una comprensión bastante sustancial del proceso de enseñanza, y habitualmente también está en posición de observar y evaluar cualquier evidencia de aprendizaje subsecuente. No obstante, el profesor practicante no está consciente de los procesos reales en el cerebro que constituyen el aprendizaje mismo, y puede a lo sumo adivinar algo acerca del misterio de los mecanismos del cerebro. Por lo tanto, es tranquilizador que la investigación del cerebro y la educacional validen tales aproximaciones, y que el artículo también complemente las ideas que han surgido de la investigación de la enseñanza de la lingüística y del lenguaje. En especial, la Sección C.8. del artículo que se ocupa de la creación de ambientes de aprendizaje positivos para los adultos, apoya las prácticas de clases que me son familiares.

Debo admitir que mi experiencia profesional es mucho más limitada que el campo general del aprendizaje abordado por Parasuraman y Tippelt. Yo estoy involucrada en la enseñanza del idioma inglés (ELT, sigla en inglés) al adulto que no adquirió el inglés en su primera infancia. Mis comentarios acerca de su artículo necesitan ser evaluados contra el trasfondo de la ELT.

En primer lugar, tal enseñanza se refiere a las dos categorías de EFL y ESL. El EFL para adultos (inglés como lengua extranjera) para personas que viven en países donde no usan el inglés a diario. Mis actividades profesionales han tenido lugar en México, Francia, Jordania, Palestina, Indonesia y Holanda. En contraste, los adultos aprendices de ESL (inglés como segunda lengua) son aquellos que han venido a quedarse como inmigrantes o estudiantes extranjeros en un ambiente de habla inglesa (en mi carrera de profesora, Canadá e Inglaterra) y por tanto, cuyas necesidades diarias requieren el dominio del inglés.

En segundo lugar, mi trabajo como ELT también ha incluido cursos de educación para profesores en diversos países (Jordania, México, Indonesia, Canadá y China), preparando personas para llegar a ser profesores de inglés en clases de EFL/ESL. Éstos han incluido cursos en los cuales se preparan personas sin alguna experiencia previa en enseñanza de idiomas,

para llegar a ser profesores de inglés (cursos de preservicio), o alternativamente, se ayuda a profesores de inglés, practicando, a mejorar sus habilidades profesionales (cursos en terreno a profesores en servicio).

Un hilo corre por el trabajo en estos diferentes países durante períodos distintos: abundante evidencia de aprendizaje adulto. El mito de que el cerebro adulto ya no puede aprender (el "modelo deficitario" mencionado en el artículo) fue reiteradamente refutado, una y otra vez, por el exitoso aprendizaje del cual fui testigo alrededor mío. El crecimiento de nuevas neuronas debe haber tenido lugar de manera ininterrumpida, ya sea en adultos en sus veinte años, o en aquellos que tenían dos o tres veces esa edad. Claramente, esto corrobora lo que se argumenta en este artículo.

Sin embargo, hay un detalle del aprendizaje y la capacitación del adulto que no ha sido abordado en este artículo, pero es de extrema importancia para mí. Este artículo trata con el "cómo" aprende un adulto –y por lo tanto, aprende mejor– dados parámetros tales como la edad, genética y oportunidades. En una visión general del aprendizaje desde el campo de la investigación empírica neurocientífica y educacional, la pregunta de "qué" es en efecto aprendido, parece irrelevante. La asignatura que será aprendida puede ser cualquier cosa, desde historia del arte a tecnología de la información o aeróbica. Presumiblemente, el principal medio para la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura dada es el idioma compartido por el profesor y el alumno, ya sea japonés, holandés o cualquier otro. Por lo tanto, el "cómo" y el "qué" son entidades diferentes y totalmente separadas una de otra. Esto solía ser en ELT –y por desgracia en muchas partes del mundo todavía es el caso–, ya que el idioma inglés era enseñado mediante la lengua materna del aprendiz, con cursos que requerían una gran cantidad de presentación en forma de disertación del profesor, y estaban recargados de análisis gramatical y traducción. Esta tradición educacional proviene de un enfoque de larga data, determinado históricamente.

En términos prácticos, los resultados de este enfoque fueron y aún son desastrosos: los adultos jóvenes que en su adolescencia recibieron entre mil y 2 mil horas de enseñanza de inglés (excluyendo las tareas para la casa), y que empiezan a viajar a lugares donde el uso del inglés es necesario, con frecuencia descubren que sus años de trabajo duro no tuvieron recompensa con ningún beneficio práctico. Bastante a menudo no

pueden entender párrafos largos producidos por un angloparlante, son incapaces de sostener una conversación simple de largo moderado, no tienen las destrezas o habilidades lectoras para enfrentar y disfrutar ni siquiera de un cuento corto, no pueden escribir una carta de una página sin numerosos errores, y ocasionan confusiones constantes en su auditor angloparlante debido a una pronunciación incomprensible. Esto muestra que la manera del "cómo" tuvo lugar la enseñanza y el aprendizaje, no ha llevado al resultado deseado acerca del "qué" se suponía debía ser aprendido. Aún más, es una dolorosa evidencia de una pérdida de tiempo, dinero, energía, esfuerzo mental, infraestructura, y recursos humanos.

Por fortuna, durante las últimas décadas, un creciente número de profesionales de ELT (y en general, del FLT = enseñanza de idioma extranjero) se han apartado de este enfoque tradicional. La evidencia de que el idioma inglés es una herramienta importante para la comunicación, ha empujado lentamente las prácticas de clases hacia una dirección diferente por completo. La lengua materna de quien aprende ya no es más el medio hacia un fin, *i.e.* la meta de conocer el idioma inglés. En cambio, el "qué" ha también llegado a ser el "cómo", por lo que la distinción entre el medio y el mensaje ha llegado a ser borrosa. Un aprendiz cuyo objetivo es llegar a un nivel competente en inglés, usa este idioma como una muy buena herramienta para lograr ese objetivo. Las limitadas competencias en inglés del aprendiz constituyen su trampolín para alcanzar un nivel más elevado del idioma. A su turno, una vez que ese nivel está suficientemente establecido, el aprendiz avanza a un nivel de inglés aún mayor. El proceso de aprendizaje sólo conlleva una expansión parcial del conocimiento, tal como el vocabulario, normas gramaticales, reglas de ortografía y pronunciación. Una parte más sustancial de la práctica de clases es el fomento de habilidades para el manejo de la comunicación, léase hablar, escuchar, lectura y escritura. La tradicional acumulación de conocimiento de hechos da lugar al desarrollo de habilidades del lenguaje.

Tal enfoque exige un profesor diestro y bien capacitado. Él necesita guiar a la clase cuidadosamente de una etapa a la próxima, construyendo de manera constante sobre el conocimiento y habilidades anteriores, facilitando no sólo el progreso de las habilidades puramente lingüísticas

(como la precisión y la fluidez en el idioma), sino también aumentando la confianza del aprendiz, y manteniendo la motivación por continuar aprendiendo.

Desde luego, tales profesores requieren cursos de preparación de profesores cuidadosamente diseñados: TEFL (Enseñanza del Inglés como Idioma Extranjero), TESL (Enseñanza del Inglés como Segundo Idioma) o más generalmente TESOL (Enseñanza del Inglés a Hablantes de otros Idiomas). Durante su preparación vocacional, los aspirantes a profesores ya no están interesados sobre todo en el estudio académico de su asignatura –la lingüística, la educación–; entonces deberían recibir una capacitación extensiva en un enfoque educacional, donde utilicen el idioma inglés como el vehículo para la enseñanza de ese idioma para la comunicación.

He sido privilegiada en cuanto a que por más de dos décadas mi trabajo ELT ha incluido una gran cantidad de capacitación/educación de profesores. Aunque los profesores estudiantes de diversos lugares del mundo a menudo exhibían enorme variación como adultos aprendices debido a factores como su competencia en el idioma inglés, trasfondo de su lengua materna, experiencias previas de aprendizaje, características culturales y nacionales o motivación individual, el hilo del aprendizaje siempre estaba en todos estos cursos. Invariablemente el aprendizaje ocurría en los profesores estudiantes y, más importante, con él venía la comprensión y la apreciación de los principios subyacentes del ELT.

¿Cuál podría ser entonces el común denominador para los programas de educación de profesores de ELT (o por extensión, de la Enseñanza de un Idioma Extranjero)? ¿A qué principios debería adherirse cualquier preparación de profesores? ¿Cuáles componentes tradicionales ya no son considerados deseables y necesarios, y deberían ser descartados por superfluos e inútiles? ¿Qué elementos son prerrequisitos absolutos en la TESOL y deben ser parte y paquete de cualquier curso? Según mi opinión, hay siete elementos que merecen seria consideración.

El conocimiento acerca del inglés, la educación y la psicología aún tiene su lugar, como siempre lo ha tenido, ya que un profesional de la enseñanza debe conocer su asignatura. Sin embargo, todo este conocimiento ya no puede estar divorciado de cualquier implementación en una clase real

de ELT. Si bien muchos programas de preparación de profesores contenían habitualmente una gran cantidad de teoría acerca de la educación y la lingüística, tal programa de estudios ya no es considerado como satisfactorio. El conocimiento y la teoría sólo deben ser incluidos en el caso de que guarden alguna relación –directa o indirecta– con lo que el futuro profesor necesita en su ambiente de trabajo. Si esto significa que los cursos desarrollados por largo tiempo en la literatura medieval o lingüística del inglés antiguo, deben ser cercenados, entonces que así sea.

Esto lleva hacia otro principio: que toda teoría debe estar integrada con la práctica en el universo de la enseñanza/aprendizaje. En un programa TESOL no hay espacio para teorización de torres de marfil que no se vincule con las necesidades del profesional de la enseñanza. Cualquier inclusión de teoría debe estar justificada a la luz de la aplicación práctica de la ELT. Si la brecha entre un modelo teórico dado y su relevancia en la realidad práctica no puede ser vinculada dentro del programa de estudios TESOL, entonces esa teoría debe ser retirada del currículo.

Es imperativo que una parte importante debiera estar dedicada a los métodos y técnicas de enseñanza, así como a los fundamentos subyacentes. Esto exige una gran cantidad de práctica de enseñanza del profesor estudiante. El corolario es que también se necesita una gran cantidad de retroalimentación de parte de los formadores de profesores, acerca del desempeño práctico del profesor estudiante. Tal proceso es de un trabajo tan intensivo y logísticamente complejo, que exige una planificación meticulosa y extensa de los recursos humanos. Las tareas prácticas en sus diversas formas deben ser incluidas desde el inicio hasta el término del programa de formación de profesores, ya sea si se extiende simplemente por cuatro semanas (como en muchos de mis cursos canadienses) o cuatro años (como el grado universitario TEFL en mi experiencia mexicana).

Utilizar estos principios implica que la forma real en la cual sea desarrollado el programa TESOL por el formador de profesores debe reflejar lo que es recomendado por la teoría. Ante todo, el formador de profesores es, de preferencia, un profesor EFL/ESL con considerable experiencia en clases de ELT. Por lo tanto, cualquier contenido del curso del programa de formación de profesores (el "qué" del programa de estudio) debe estar reflejado en la forma en que el programa es presentado. La implicación

es que todas las técnicas descritas en los modelos teóricos son, por lo tanto, practicadas en las sesiones que imparten tales modelos. Por ejemplo, si se argumenta que el trabajo de discusión en parejas –o juegos y juegos de roles– son extremadamente útiles en las clases de EFL/ESL, entonces las mismas técnicas de trabajo en parejas, juegos o juegos de roles deben ser empleados para preparar a los profesores durante sus cursos de formación de profesores. El compromiso con el contenido metodológico del curso se mide mediante la metodología usada en la entrega. Por lo tanto, un formador de profesores que básicamente diserta de la manera tradicional es en definitiva inaceptable. "Practicar lo que se predica" es un principio por autonomasia en los programas de formación de profesores.

Un componente muy exitoso –y para mí indispensable– para asegurar que los profesores estudiantes comprenden muchos diferentes aspectos del enseñar comunicativamente es la introducción de un idioma extranjero no familiar (UFL, sigla en inglés) a un programa TESOL donde ningún profesor estudiante hable ese idioma. El profesor estudiante es puesto en el lugar del aprendiz principiante, que adquiere un idioma extranjero que es por completo nuevo y no familiar, por ejemplo serbio-croata, árabe, español o hebreo. El profesor estudiante invariablemente desarrolla, con ese aprendizaje experimental, un elevado grado de empatía con el aprendiz, y comprende lo que se requiere del profesor de idiomas. Con más precisión: el profesor estudiante se da cuenta de lo extenuante e intimidante que es, desde la perspectiva del aprendiz, embarcarse en un idioma extranjero; lo gratificante y excitante que es lograr resultados positivos aun en el nivel de principiante; cuán importante es para el profesor ser claro y creativo con elementos visuales, el lenguaje corporal, los mimos y la expresión facial; cuán vital es la paciencia y el estímulo brindado por el profesor; y cómo es perfectamente factible y manejable para un profesor usar sólo el nuevo idioma extranjero, esto es, sin tener que recurrir nunca a la lengua materna del aprendiz. Esta experiencia de aprendizaje de un idioma extranjero puede ser impartida en una lección tan breve como de una media hora, o tan larga como en un curso de diez semanas con dos horas a la semana, con tareas variables de reflexión y análisis (discusiones grupales, cuestionarios acerca de respuestas emocionales, escritura de diarios). Mis observaciones profesionales de una UFL en escenarios y ubicaciones muy diferentes

(México, Canadá, Indonesia) muestran que las ideas logradas por los profesores estudiantes al haber sido puestos en la situación de aprendices principiantes de un idioma extranjero, son invaluables. Esto es particularmente válido para profesores aspirantes que quieren enseñar inglés, y aquéllos cuya lengua materna también es el inglés, por tanto no tienen experiencia personal con la adquisición del inglés en el escenario formal de unas aulas.

Un conjunto adicional de destrezas o habilidades que los profesores estudiantes pueden necesitar adquirir –dependiendo de los hábitos de aprendizaje que hayan adquirido antes– son las destrezas o habilidades de estudio. Los profesores estudiantes deben darse cuenta de cuáles son las estrategias de aprendizaje exitosas *versus* las inútiles. Si ellos no entienden totalmente esto, por ejemplo debido a malos hábitos de aprendizaje fomentados en sus propios itinerarios escolares (aprendizaje acelerado a corto plazo antes del examen, renuencia a intentar hablar en el idioma, o caminar ida y vuelta aprendiendo el texto de memoria), entonces necesitan primero “aprender a aprender”. Esto incluye tomar apuntes, destrezas o habilidades para la investigación en la biblioteca, pensamiento analítico, expresar opiniones, resolución de problemas, etc. No es realista esperar que los profesionales de ELT enseñen destrezas o habilidades de estudio apropiadas, sin haberlas implementado nunca ellos mismos.

Por último, pero no menos importante, en un programa de formación de profesores para profesores estudiantes con una lengua materna diferente al inglés, es importante mejorar sus propias habilidades en el idioma inglés. En los cursos de preservicio, los profesores estudiantes pueden percibir a menudo el valor de mejorar sus propios niveles del idioma y están contentos de seguir el programa completo de TESOL en inglés, pues de ese modo logran un progreso considerable en inglés. Por lo tanto, muy pocos cursos, si es que pueda haber alguno, deben ser impartidos en otro idioma, sin considerar el hecho de si el formador de profesores comparte el idioma materno del profesor estudiante. Sin embargo, durante la capacitación en servicio, la resistencia al mejoramiento del inglés se expresa por quienes supuestamente son experimentados profesores del idioma inglés. De hecho, a menudo tales profesores demuestran –pero no lo perciben en sí mismos– una gran necesidad de

mejoramiento del idioma inglés, a pesar de su experiencia previa en trabajos ELT. Con frecuencia se recomienda un mejoramiento de sus habilidades en el inglés, a menos que no sea absolutamente necesario.

Resumiendo, los principios más importantes de los programas que capacitan y preparan adultos para el ELT son:
1. Cualquier teoría se relaciona con la aplicación de la enseñanza en el mundo real.
2. La teoría y la práctica están integradas.
3. Las tareas prácticas de enseñanza se organizan a través de todo el curso.
4. Los formadores de profesores practican lo que predican.
5. Se incluye un curso en un idioma extranjero no familiar.
6. De ser necesario, se enseñan habilidades de estudio.
7. De ser necesario, se incluye el mejoramiento de las habilidades en el idioma inglés.

Los diseñadores de programas responsables de los cursos TESOL tienen la obligación profesional de asegurar que los adultos aprendices son capaces de aprender y ser capacitados de la mejor manera posible. Una vez que estos adultos están involucrados en sus actividades de ELT, ellos a su vez, llegarán a ser los modelos en sus clases y facilitarán el proceso de aprendizaje de sus propios aprendices en el futuro. Con la ayuda de los descubrimientos de la investigación empírica, podemos invertir en nuestros recursos humanos creando los ambientes de aprendizaje para adultos más eficientes y efectivos. Es el tiempo óptimo para hacer justamente eso.

Liet Hellwig

Bibliografía

Achatz, M. y R. Tippelt (2001), “Wandel von Erwerbsarbeit und Begründungen kompetenzorientierten Lernens im internationalen Kontext”, en A. Bolder, W. Heinz y G. Kutscha (eds.), *Deregulierung der Arbeit – Pluralisierung der Bildung?*, Leske and Budrich, Opladen, pp. 111-127.

Achtenhagen, F. y W. Lempert (eds.) (2000), *Lebenslanges Lernen im Beruf – Seine Grundlegung im Kindesund Jugendalter*, Bd. 1-5, Leske and Budrich, Opladen.

Alterskommission (2005), "Zusammenfassung wesentlicher Thesen des Fünften Altersberichts", Berlín.

Baethge, M. y V. Baethge-Kinsky (2004), *Der ungleiche Kampf um das lebenslange Lernen*, Waxmann, Münster/Nueva York/Múnich y Berlín.

Ball, K., D.B. Berch, K. Helmers, J. Jobe, M. Leveck, M. Marsiske, J. Morris, G.W. Rebok, D.M. Smith, S.L. Tennstedt, F. Unverzagt y S. Willis (2002), "Effects of Cognitive Training Interventions with Older Adults. A Randomized Controlled Trial", JAMA 288, pp. 2271-2281.

Baltes, P.B. (1993), "The Aging Mind: Potential and Limits", *The Gerontologist*, vol. 33, núm. 5, pp. 580-594.

Baltes, P.B. (2003), "Das hohe Alter – mehr Bürde als Würde?", MaxPlanckForschung, vol. 2, pp. 15-19.

Baltes, P.B., J. Glück y U. Kunzmann (2002), "Wisdom: Its Structure and Function in Successful Lifespan Development", C.R. Snyder y S.J. Lopez (eds.), *Handbook of Positive Psychology*, Oxford University Press, Nueva York, pp. 327-350.

Baltes, P.B. y U. Lindenberger (1997), "Emergence of a Powerful Connection between Sensory and Cognitive Functions across the Adult Life Span: A New Window to the Study of Cognitive Aging?", *Psychology and Aging*, vol. 12, núm. 1, pp. 12-21.

Baltes, P.B. y U.M. Staudinger (2000), "Wisdom: A Metaheuristic (pragmatic) to Orchestrate Mind and Virtue toward Excellence", *American Psychologist*, vol. 55, pp. 122-136.

Bartzokis, G., J.L. Cummings, D. Sultzer, V.W. Henderson, K.H. Nuechterlein y J. Mintz (2003), "White Matter Structural Integrity in Healthy Aging Adults and Patients with Alzheimer Disease: A Magnetic Resonance Imaging Study", *Archives of Neurology*, vol. 60, núm. 3, pp. 393-398.

Barz, H. y R. Tippelt (eds.) (2004), *Weiterbildung und soziale Milieus in Deutschland*, Bd.1 u.2, Bertelsmann, Bielefeld.

Becker, S., L. Veelken y K.P. Wallraven (eds.) (2000), *Handbuch Altenbildung. Theorien und Konzepte für Gegenwart und Zukunft*, Leske and Budrich, Opladen.

Bransford, J.D., A.L. Brown y R.R. Cocking (2004), *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, Expanded Edition, National Academy Press, Washington D.C.

Bruer, J.T. (1997), "Education and the Brain: A Bridge too Far", *Educational Researcher*, vol. 26, núm. 8, pp. 4-16.

Bynner, J., T. Schuller y L. Feinstein (2003), "Wider Benefits of Education: Skills, Higher Education and Civic Engagement", *Z.f.Päd.*, 49.Jg., vol. 3, pp. 341-361.

Cabeza, R. (2002), "Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults: The HAROLD Model", *Psychology and Aging*, vol. 17, núm. 1, pp. 85-100.

Cabeza, R., L. Nyberg y D.C. Park (2005), *Cognitive Neuroscience of Aging*, Oxford University Press, Nueva York.

Cattell, R.B. (1963), "Theory of Fluid and Crystallized Intelligence: A Critical Experiment", *Journal of Educational Psychology,* vol. 54, pp. 1-22.

Cohen, J. (1988), *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.), Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, Nueva Jersey.

Colcombe, S.J. y A. Kramer (2002), "Fitness Effects on the Cognitive Function of Older Adults: A Meta Analytic Study", *Psychological Science*, vol. 14, pp. 125-130.

Colcombe, S.J., A. Kramer, K.I. Erickson y P. Scalf (2005), "The Implications of Cortical Recruitment and Brain Morphology for Individual Differences in Inhibitory Function in Aging Humans", *Psychology and Aging*, vol. 20, pp. 363-375.

Courchesne, E., H.J. Chisum, J. Townsend, A. Cowles, J. Covington, B. Egaas *et al.* (2000), "Normal Brain Development and Aging: Quantitative Analysis at In Vivo MR Imaging in Healthy Volunteers", *Radiology*, vol. 216, pp. 672-681.

Csikszentmihalyi, M. (1982), "Towards a Psychology of Optimal Experience", R. Gross (ed.), *Invitation to Life-long Learning*, Fowlett, Nueva York, pp. 167-187.

DeCharms, R. (1976), *Enhancing Motivation: Change in the Classroom*, Irvington, Nueva York.

Deci, E.L. y R.M. Ryan (1985), *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*, Plenum Press, Nueva York.

Dobbs, A.R. y B.G. Rule (1989), "Adult Age Differences in Working Memory", *Psychology and Aging*, vol. 4, núm. 4, pp. 500-503.

Erikson, E. (1966), *Identität und Lebenszyklus*, Francfort.

Eriksson, P.S., E. Perfilieva, T. Björk-Eriksson, A.M. Alborn, C. Nordborg, D.A. Peterson y F.H. Gage (1998), "Neurogenesis in the Adult Human Hippocampus", *Nature Medicine*, vol. 4, pp. 1313-1317.

Espeseth, T., P.M. Greenwood, I. Reinvang, A.M. Fjell, K.B. Walhovd, L.T. Westlye, E. Wehling, A. Astri Lundervold, H. Rootwelt y R. Parasuraman (2007), "Interactive Effects of APOE and CHRNA4 on Attention and White Matter Volume in Healthy Middle-aged and Older Adults", *Cognitive, Behavioral, and Affective Neuroscience*.

Feinstein, L., C. Hammond, L. Woods, J. Preston y J. Bynner (2003), "The Contribution of Adult Learning to Health and Social Capital. Wider Benefits of Learning Research", reporte 8, Center of Research on the Wider Benefits of Learning, Londres.

Good, C.D., I.S. Johnsrude, J. Ashburner, R.N.A. Henson, K.J. Friston y R.S.J. Frackowiak (2001), "A Voxel-based Morphometric Study of Aging in 465 Normal Adult Human Brains", *Neuroimage*, vol. 14, pp. 21-36.

Grady, C.L., J.M. Maisog, B. Horwitz, L.G. Ungerleider, M.J. Mentis y J.A. Salerna (1994), "Age-related Changes in Cortical Blood Flow Activation during Visual Processing of Faces and Location", *Journal of Neuroscience*, vol. 14, pp. 1450-1462.

Grady, C.L., A.R. McIntosh y F.I. Craik (2003), "Age-related Differences in the Functional Connectivity of the Hippocampus during Memory Encoding", *Hippocampus*, vol. 13, núm. 5, pp. 572-586.

Greenwood, P.M. y R. Parasuraman (1994), "Attentional Disengagement Deficit in Nondemented Elderly over 75 Years of Age", *Aging and Cognition*, vol. 1, núm. 3, pp. 188-202.

Greenwood, P.M. y R. Parasuraman (1999), "Scale of Attentional Focus in Visual Search", *Perception and Psychophysics*, vol. 61, pp. 837-859.

Greenwood, P. y R. Parasuraman (2003), "Normal Genetic Variation, Cognition, and Aging", *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, vol. 2, pp. 278-306.

Greenwood, P.M., C. Lampert, T. Sunderland y R. Parasuraman (2005), "Effects of Apolipoprotein E Genotype on Spatial Attention, Working Memory, and their Interaction in Healthy, Middle-aged Adults: Results from the National Institute of Mental Health's BIOCARD Study", *Neuropsychology*, vol. 19, núm. 2, pp. 199-211.

Greenwood, P.M., T. Sunderland, J. Friz y R. Parasuraman (2000), "Genetics and Visual Attention: Selective Deficits in Healthy Adult Carriers of the 4 Allele of the Apolipoprotein E Gene", *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 97, pp. 1661-1666.

Gropengießer, H. (2003), "Lernen und Lehren: Thesen und Empfehlungen zu einem professionellen Verständnis", reporte 3/2003, Literatur und Forschungsreport Weiterbildung, Gehirn und Lernen, pp. 29-39.

Guttmann, C.R., F.A. Jolesz, R. Kikinis, R.J. Killiany, M.B. Moss y T. Sandor (1998), "White Matter Changes with Normal Aging", *Neurology*, vol. 50, pp. 972-981.

Haan, M. de, y M. Johnson (eds.) (2003), "The Cognitive Neuroscience of Development", *Psychology Press*, Hove.

Heckhausen, H. (1989), *Motivation und Handeln*, Springer, Heidelberg.

Hedden, T., G.J. Lautenschlager y D.C. Park (2005), "Contributions of Processing Ability and Knowledge to Verbal Memory Tasks across the Adult Lifespan", *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.

Jennings, J.M. y A.L. Darwin (2003), "Efficiacy Beliefs. Everyday Behavior, and Memory Performance among Elderly Adults", *Educational Gerontology*, vol. 29, pp. 34-42.

Jernigan, T.L., S.L. Archibald, C. Fennema-Notestine, A.C. Gamst, J.C. Stout y J. Bonner (2001), "Effects of Age on Tissues and Regions of the Cerebrum and Cerebellum", *Neurobiology of Aging*, vol. 22, pp. 581-594.

Johnson, M., Y. Munakata y R.O. Gilmore (eds.) (2002), *Brain Development and Cognition – A Reader*, Blackwell, Oxford.

Karmel, T. y D. Woods (2004), "Lifelong Learning and Older Workers", NCVER, Adelaide.

Kemper, T. (1994), "Neuroanatomical and Neuropathological Changes in Normal Aging and in Dementia", en M.L. Albert (ed.), *Clinical Neurology of Aging* (segunda edición), Oxford University Press, Nueva York.

Keyfitz, N. (1990), *World Population Growth and Aging: Demographic Trends in the Late Twentieth Century*, University of Chicago Press, Chicago, IL.

Kruse, A. (1997), "Bildung und Bildungsmotivation im Erwachsenenalter", en F.E. Weinert y H. Mandl (eds.), *Psychologie der Erwachsenenbildung*, Hogrefe, Gotinga, pp. 115-178.

Kruse, A. (1999), “Bildung im höheren Lebensalter. Ein aufgaben-, kompetenz- und motivationstheoretischer Ansatz”, en R. Tippelt (ed.), *Handbuch der Erwachsenenbildung/Weiterbildung*, Leske and Budrich, Opladen, pp. 581-588.

Kruse, A. (2005), “Qualifizierungsmaßnahmen für Wiedereinsteigerungen in den Beruf”, Heidelberg (unveröffentl, manuscrito).

Kruse, A. y G. Rudinger (1997), “Lernen und Leistung im Erwachsenenalter”, en F.E. Weinert y H. Mandl (eds.), *Psychologie der Erwachsenenbildung*, Hogrefe, Gotinga, pp. 46-85.

Lahn, L.C. (2003), “Competence and Learning in Late Career”, *European Educational Research Journal*, vol. 2, núm. 1, pp. 126-140.

Lehr, U. (1986), “Aging as Fate and Challenge”, en H. Häfner, G. Moschel and N. Sartorius (eds.), *Mental Health in the Elderly*, Heidelberg, pp. 57-77.

Lehr, U. (1991), *Psychologie des Alterns* (7a. edición), Heidelberg.

Leibniz-Gemeinschaft (2005), “Wie wir altern: Megathema Alternsforschung”, *Journal der Leibniz-Gemeinschaft*, pp. 6-13.

Lerner, R.M. (2002), “Concepts and Theories of Human Development”, Lawrence Erlbaum, Malwah, Nueva Jersey.

Li, K.Z., U. Lindenberger, A.M. Freund y P.B. Baltes (2001), “Walking while Memorizing: Age-related Differences in Compensatory Behavior”, *Psychological Science*, vol. 12, núm. 3, pp. 230-237.

Lindenberger, U., H. Scherer y P.B. Baltes (2001), “The Strong Connection between Sensory and Cognitive Performance in Old Age: Not Due to Sensory Acuity Reductions Operating during Cognitive Assessment”, *Psychology and Aging*, vol. 16, núm. 2, pp. 196-205.

Madden, D.J., T.G. Turkington, R.E. Coleman, J.M. Provenzale, T.R. DeGrado y J.M. Hoffman (1996), “Adult Age Differences in Regional Cerebral Blood Flow during Visual Work Identification: Evidence from H2 15O PET”, *Neuroimage*, vol. 3, pp. 127-142.

Madden, D.J., W.L. Whiting, J.M. Provenzale y S.A. Huettel (2004), “Age-related Changes in Neural Activity during Visual Target Detection Measured by fMRI”, *Cerebral Cortex*, vol. 14, núm. 2, pp. 143-155.

Nelson, C.A. y M. Luciana (eds.) (2001), *Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

OECD (2002), *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*, OCDE, París.

OECD (2004), *Education at a Glance: OECD Indicators*, OCDE, París.

OECD (2005), *Aging and Employment Policies: United States*, OCDE, París.

Parasuraman, R., P.M. Greenwood, R. Kumar y J. Fossella (2005), "Beyond Heritability: Neurotransmitter Genes differentially Modulate Visuospatial Attention and Working Memory", *Psychological Science*, vol. 16, núm. 3, pp. 200-207.

Parasuraman, R., P.M. Greenwood y T. Sunderland (2002), "The Apolipoprotein E Gene, Attention, and Brain Function", *Neuropsychology*, vol. 16, pp. 254-274.

Park, D.C., G. Lautenschlager, T. Hedden, N. Davidson, A.D. Smith y P. Smith (2002), "Models of Visuospatial and Verbal Memory across the Adult Life Span", *Psychology and Aging*, vol. 17, núm. 2, pp. 299-320.

Park, D. y N. Schwarz (1999), *Cognitive Aging: A Primer*, Psychology Press, Hove.

Pate, G., J. Du y B. Havard (2004), "Instructional Design – Considering the Cognitive Learning Needs of Older Learners", *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, vol. 1, núm. 5, pp. 3-8.

Pauen, S. (2004), "Zeitfenster der Gehirn- und Verhaltensforschung: Modethema oder Klassiker?", *Z.f.Päd., 50Jg.*, vol. 4, pp. 521-530.

Pillay, H., G. Boulton-Lewis, L. Wilss y C. Lankshear (2003), "Conceptions of Work and Learning at Work: Impressions from Older Workers", *Studies in Continuing Education*, vol. 25, núm. 1, pp. 95-111.

Raz, N., U. Lindenberger, K.M. Rodriue, K.M. Kennedy, D. Head y A. Williamson (2005), "Regional Brain Changes in Aging Healthy Adults: General Trends, Individual Differences and Modifiers", *Cerebral Cortex*, vol. 15, núm. 11, pp. 1676-1689.

Resnick, S.M., D.L. Pham, M.A. Kraut, A.B. Zonderman y C. Davatzikos (2003), "Longitudinal Magnetic Resonance Imaging Studies of Older Adults: A Shrinking Brain", *Journal of Neuroscience*, vol. 23, núm. 8, pp. 3295-3301.

Rosen, A.C., M.W. Prull, R. O'Hara, E.A. Race, J.E. Desmond, G.H. Glover, J.A. Yesavage y J.D.E. Gabrieli (2002), "Variable Effects of Aging on Frontal Lobe Contributions to Memory", *Neuroreport*, vol. 13, pp. 2425-2428.

Rossi, S., C. Miniussi, P. Pasqualetti, C. Babiloni, P.M. Rossini y S.F. Cappa (2004), "Age-related Functional Changes of Prefrontal Cortex in Long-term Memory: A Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Study", *Journal of Neuroscience*, vol. 24, núm. 36, pp. 7939-7944.

Roth, G. (2004), "Warum sind Lehren und Lernen so schwierig?", *Z.f.Päd., 50. Jg.*, vol. 4, pp. 496-506.

Rypma, B. y M. D'Esposito (2000), "Isolating the Neural Mechanisms of Age-related Changes in Human Working Memory", *Nature Neuroscience*, vol. 3, núm. 5, pp. 509-515.

Saczynski, J.S., S.L. Willis y K.W. Schaie (2002), "Strategy Use in Reasoning Training with Older Adults", *Aging Neuropsychology and Cognition*, vol. 9, núm. 1, pp. 48-60.

Salthouse, T.A. (1996), "The Processing-speed Theory of Adult Age Differences in Cognition", *Psychological Review*, vol. 103, pp. 403-428.

Schaie, K.W. (2005), "Developmental Influences on Adult Intelligence. The Seattle Longitudinal Study", University Press, Oxford.

Schuller, T., J. Preston, C. Hammond, A. Brassett-Grundy y J. Bynner (eds.) (2004), *The Benefits of Learning. The Impact of Education on Health, Family Life and Social Capital*, Routledge Farmer, Londres.

Shors, T.J., G. Miesegaes, A. Beylin, M. Zhao, T. Rydel y E. Gould (2001), "Neurogenesis in the Adult is Involved in the Formation of Trace Memories", *Nature*, vol. 410, pp. 372-376.

Siebert, H. (1998), *Konstruktivismus: Konsequenzen für Bildungsmanagement und Seminargestaltung*, Schneider, Francfort del Meno.

Siebert, H. y G. Roth (2003), "Gespräch über Forschungskonzepte und Forschungsergebnisse der Gehirnforschung und Anregungen für die Bildungsarbeit", reporte 3, *Literatur- und Forschungsreport Weiterbildung*, Gehirn und Lernen, pp. 14-19.

Singer, W. (2002), *Der Beobachter im Gehirn*, Suhrkamp, Francfort del Meno.

Snowdon, D.A., S.J. Kemper, J.A. Mortimer, L.H. Greiner, D.R. Wekstein y W.R. Markesbery (1996), "Linguistic Ability in Early Life and Cognitive Function and Alzheimer's Disease in Late Life. Findings from the Nun Study", *Journal of the American Medical Association*, vol. 275, pp. 528-532.

Sowell, E.R., B.S. Peterson, P.M. Thompson, S.E. Welcome, A.L. Henkenius y A.W. Toga (2003), "Mapping Cortical Change across the Human Life Span", *Nature Neuroscience*, vol. 6(3), pp. 309-315.

Spitzer, M. (2000), "Geist, Gehirn and Nervenheilkunde. Grenzgänge zwischen Neurobiologie", *Psychopathologie und Gesellschaft*, Schattauer, Nueva York.

Spitzer, M. (2002), *Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Spitzer, M. (2004), *Selbstbestimmen. Gehirnforschung und die Frage: Was sollen wir tun?*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Stern, E. (2004), "Wie viel Hirn braucht die Schule? Chancen und Grenzen einer neuropsychologischen Lehr-Lern-Forschung", *Z.f.Päd*, 50.Jg., vol. 4, pp. 531-538.

Stern, E., R. Grabner, R. Schumacher, C. Neuper y H. Saalbach (2005), "Lehr-Lern-Forschung und Neurowissenschaften: Erwartungen, Befunde und Forschungsperspektiven", Bildungsreform Bd.13, BMBF, Berlín.

Sternberg, R.J. (1990), *Wisdom: Its Nature, Origin, and Development*, Cambridge University Press, Nueva York.

Thomae, H. (1970), "Theory of Aging and Cognitive Theory of Personality", *Human Development* núm. 13, pp. 1-16.

Tippelt, R. (1999) (ed.), *Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung*, Leske and Budrich, Opladen.

Tippelt, R. (2000), "Bildungsprozesse und Lernen im Erwachsenenalter. Soziale Integration und Partizipation durch lebenslanges Lernen", en D. Benner y H.-E. Tenorth (eds.), Bildungsprozesse und Erziehungsverhältnisse im 20. Jahrhundert, *Z.f.Päd.*, vol. 42, Beiheft, Beltz, Weinheim, pp. 69-90.

Tippelt, R. (2002) (ed.), *Handbuch Bildungsforschung*, Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.

Tippelt, R. (2004), "Lernen ist für Pädagogen keine Blackbox: Basiselemente einer pädagogisch konzipierten Lerntheorie", *Grundlagen der Weiterbildung*, vol. 3, núm. 15, pp. 108-110.

Tippelt, R. y B. Schmidt (2005), "Was wissen wir über Lernen im Unterricht?", *Pädagogik*, vol. 3, pp. 6-11.

Walhovd, K.B., A.M. Fjell, I. Reinvang, A. Lundervold, A.M. Dale y D.E. Eilertsen (2005), "Effects of Age on Volumes of Cortex, White Matter and Subcortical Structures", *Neurobiology of Aging*, vol. 26, núm. 9, pp. 1261-1270.

Wechsler, D. (1939), *The Measurement and Appraisal of Adult Intelligence*, Williams and Wilkens, Baltimore.

Weinert, F.E. (2001) , "Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit", *Leistungsmessungen in Schulen*, Beltz, Weinheim, pp. 17-31.

Weinert, F.E. y H. Mandl (1997) (ed.), *Psychologie der Erwachsenenbildung*, Hogrefe, Gotinga.

Welzer, H. y H.J. Markowitsch (2001), "Umrisse einer interdisziplinären Gedächtnisforschung", *Psychologische Rundschau*, vol. 52, núm. 4, pp. 205-214.

White, R.W. (1959), "Motivation Reconsidered: The Concept of Competence", *Psychological Review*, vol. 66, pp. 297-333.

WHO (2003), *Gender, Health, and Aging*, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

Williamson, A. (1997), "You Are Never too Old to Learn! Third-Age Perspectives on Lifelong Learning", *International Journal of Lifelong Education*, vol. 16, núm. 3, pp. 173-184.

Wilson, R.S., C.F. Mendes De Leon, L.L. Barnes, J.A. Schneider, J.L Bienias, D.A. Evans *et al*. (2002), "Participation in Cognitively Stimulating Activities and Risk of Incident Alzheimer Disease", *JAMA*, vol. 287, núm. 6, pp. 742-748.

Wrenn, K.A. y T.J. Maurer (2004), "Beliefs about older Workers Learning and Development Behaviour in Relation to Beliefs about Malleability of Skills, Age-Related Decline, and Control", *Journal of Applied Social Psychology*, vol. 34, núm. 2, pp. 223-242.

ANEXO A
Foros

Los foros de discusión en línea "Enseñe-al-cerebro" del OCDE/CERI (*www.ceri-forums.org/forums*) cumplieron un papel vital en la vinculación de dos comunidades importantes –los profesores y los expertos científicos–. El foro proporcionó una excelente oportunidad para que los profesores hicieran preguntas acerca de cómo aprende el cerebro, lograran consejos acerca de cómo incorporar el aprendizaje basado en el cerebro en sus métodos de enseñanza, justificar a partir de la neurociencia el cómo y el porqué operan algunas de sus prácticas e intuiciones de enseñanza, y ofreció ideas desde la perspectiva de un profesional de aula. Los científicos expertos estaban disponibles para responder y ofrecer datos de investigación. También había expertos y personal de la OCDE disponibles para aclarar los errores de conceptos y la terminología.

Los resultados de esta empresa de dos años fueron muy exitosos en términos de la participación (más de 160 conexiones creadas y más de 2 mil respuestas) como también en su habilidad de continuar creciendo (el promedio de número de visitas aumentó desde 300 mensuales en 2005, a 600 mensuales durante los primeros seis meses del 2006).

Estos foros pudieron captar las preguntas apremiantes que los profesores tienen (¿podría ser que haya una relación entre un bajo desempeño matemático y un problema cerebral?), los conceptos equivocados más comunes acerca del cerebro, que los profesores adquieren con frecuencia (¿el Trastorno de Hiperactividad y Déficit de Atención se caracteriza por una falta de motivación?), y el apetito que tienen los especialistas educacionales respecto de qué información de la neurociencia puede ser aplicada y opera en el escenario del aula (cómo incorporar a la enseñanza varios desarrollos neuronales).

Lo que sigue es una selección de extractos de varios temas de discusión, desde "Las emociones y el aprendizaje", "La alfabetización y el cerebro"

a "La discalculia" y "La ciencia del cerebro y la educación". Conozca a nuestros miembros, quienes vienen desde Solana Beach en California hasta un predio agrícola de York del Este, Reino Unido, desde el medio oeste de Estados Unidos a los cerros de la zona del interior de Australia, e incluso más allá de los países miembros de la OCDE para incluir a miembros de países como la India, y Nigeria. Son profesores, consejeros educacionales, neurocientíficos y expertos de la OCDE.

Se presentan bajo pseudónimos tales como "segarama", "fabricante de títeres", "sólo yo", "el cerebro extranjero" y "profesor de 4° grado". Algunos incluso están jubilados, bien pasados los 60 años de edad, aún encendidos por la llama de la educación, por la fuerza impulsora del aprendizaje y para conocer lo último que los neurocientíficos están descubriendo y que posiblemente podría ser aplicado en el futuro.

A medida que descubra y siga adelante con sus historias, ellas servirán como un recordatorio de dónde se encuentran todas las comunidades de práctica durante este período estimulante –en la brecha gigante entre neurociencia y educación– entre el intercambio de información y la aplicación. Comparta sus experiencias a medida que todos avanzamos.

Todos los registros han sido extraídos directamente desde el foro Enseñe-al-cerebro, los contenidos y estilos personales no han sido corregidos a fin de preservar la individualidad y autenticidad de estos intercambios.

Sobre la dislexia

Estimados todos:

Me gustaría averiguar qué ocasiona que un estudiante con dislexia no pueda escuchar las distinciones entre algunos sonidos. ¿Porqué tiene dificultades con las rimas, la segmentación, la armonización? ¿Cuál es la causa exacta de su déficit de procesamiento fonológico? ¿Podría tratarse de un daño a partir de una infección al oído en la infancia? ¿O de un golpe o lesión a la cabeza? ¿Se trata incluso de un daño en oposición a estar subdesarrollado por alguna razón? Siempre he estado interesado en la causa de las discapacidades. Estaría interesado en sus ideas acerca de las causas de los problemas en el procesamiento fonológico que abundan en la dislexia.

Sólo Yo

Hola Sólo Yo,

Puedes aprender más acerca de la dislexia a partir de nuestro manual de dislexia en el sitio web del OCDE *El cerebro y el aprendizaje*: *www.oecd.org/document/51/0,2340,en_2649_14935397_35149043_1_1_1_1,00.html.*

Asimismo recomendaría de muy buen grado *Overcoming Dyslexia* [Sobreponiéndose a la dislexia]de Sally Shaywitz (2003).
Mis mejores deseos,

Christina HintonExperta,
Consultora OCDE

Estimados todos:

Me gustaría escuchar comentarios acerca del punto de vista de que la dislexia no es una condición "especial" de dificultad con la lectura, pero que los lectores deficientes son tales porque carecen de una habilidad para segmentar y mezclar los sonidos: una habilidad independiente de la inteligencia, de la misma forma que la ceguera a los colores es independiente de la inteligencia. Este punto de vista fue presentado en un programa de televisión reciente en el Reino Unido, pero lamento haber olvidado los nombres de los proponentes.

Deborah

Estimada Deborah:

Respecto del programa de televisión y de la posición del profesor Elliot. En cuanto a si a cualquier niño con una "dificultad de aprendizaje", le debe ser asignada oficialmente la "etiqueta" correspondiente a su dificultad, antes de poder recibir ayuda directa para abordarla. Sin etiqueta, no hay ayuda. Sin embargo, el problema es que las etiquetas son términos generalizados, donde muy pocos niños y adultos, de hecho calzan con la definición precisa. Esto crea un problema futuro, ¿qué ocurre luego de haber sido asignada una etiqueta? Luego se adopta una prescripción, la cual se enfoca a lo que fue definido bajo la etiqueta. Lo anterior falla en reconocer la variedad de causas potenciales diferentes de una dificultad con la lectura/escritura/dislexia. El profesor Elliot declara: "Es una etiqueta para cubrirlo todo". Lo que Elliot sugiere es que debemos ir más allá de las etiquetas y enfocarnos directamente a las causas para convertirlo en un "enfoque individualizado".

Yo sugeriría que necesitamos desplazarnos más allá de las etiquetas, hacia el desarrollo de la comprensión del público en general y nuestros procesos cerebrales.

Geoff

Estimado Foro:

En estos días la dislexia es vista como un problema. Espero que algún día la gente reconozca a la dislexia como una manera diferente de pensar, lo cual podría llevar a ideas nuevas o a nuevas formas de solucionar un problema. Si es vista de esta manera, la dislexia puede ser algo adicional… sólo depende cómo se la mire…

Frulle

Sobre las matemáticas…

Estimados todos:

Conozco a un niño muy inteligente que tiene excelentes notas en todas sus asignaturas excepto en matemáticas. Sus padres dicen que realiza tanto esfuerzo en matemáticas como en los otros ramos. Tiene solamente ocho años de edad. ¿Es esto normal? ¿Creen ustedes que su bajo desempeño en matemáticas podría estar relacionado con un problema cerebral?

Gracias,

El cerebro extranjero

Estimados profesores:

El fin de semana pasado leí en este sitio web un gran artículo acerca de las dificultades con las matemáticas. Lamento no poder decirles cómo es que lo encontré. Hay tanta buena información aquí, que puedo pasar horas leyendo, olvidando dónde he estado. De todas maneras, si es que estoy en lo correcto, puede que haya un problema con el sentido de los números. Subyacente a este problema, está el que el niño no entiende la base de lo que son los números y de lo que representan. El artículo explica que un niño debe comprender simultáneamente el número, por ejemplo el cinco, debe reconocer el símbolo 5, deletrear cinco, y el concepto de cinco. Espero que ustedes puedan encontrar el artículo y que se comuniquen nuevamente con este foro acerca de lo que aprendan. Estoy muy interesada.

Cathy Trinh

Pareciera ser que el niño al cual usted se refiere puede ser discalcúlico. La discalculia es el equivalente a la dislexia respecto de las matemáticas. Sin embargo, y a diferencia de la dislexia, está muy poco estudiado. Las definiciones y las pruebas de la discalculia varían de país en país. Aun la terminología difiere, por ej. en Estados Unidos, se la conoce como "discapacidades matemáticas". En Inglaterra, hay una prueba nacional, el "filtro para la discalculia" por Brian Butterworth. En Francia, los terapeutas del lenguaje [fonoaudiólogos] desarrollan sus propias pruebas a la medida. En Estados Unidos, su psicólogo escolar local le efectuará pruebas al niño, y decidirá si manifiesta una discapacidad específica de aprendizaje respecto de las matemáticas.

Cathy, probablemente usted leyó un artículo acerca del simposio sobre *software* de recuperación para la discalculia (cuyo desarrollo es financiado por la OCDE), usted puede encontrar de nuevo el artículo yendo a "El cerebro y el aprendizaje" en la página principal, recorriendo la lista.

Si quiere aprender más acerca de la discalculia, puede visitar la página web de Brian Butterworth en *www.mathematicalbrain.com*.

¡Y en poco tiempo más, el equipo del OCDE estará colocando más información sobre la discalculia en este sitio web, por lo que manténgase sintonizada!

Anna Wilson

Sobre la evaluación…

Hola Cristina:

Gracias por tu respuesta.

Respecto de las implicaciones que esto podría tener para la enseñanza, yo volvería a nuestra discusión reciente sobre evaluación.

En ella destaca el valor de la evaluación formativa como un medio de desplazarse más allá de la vaga evaluación sumativa generalizada de las asignaturas, que simplemente indica si un alumno es "bueno" o "malo" en una asignatura y no proporciona indicación alguna de dónde se necesita una intervención precisa.

En cambio una evaluación formativa de una asignatura podría enfocar los varios procesos neuronales que son utilizados dentro del aprendizaje de la asignatura. Esto podría ayudar a identificar el o los procesos neuronales precisos que necesitan asistencia en su desarrollo. Si bien esto hace volver al tema de qué necesitan aprender los profesores acerca de la neurociencia y el aprendizaje.

Geoff

Estimado Geoff:

Su idea acerca de vincular directamente la neurociencia y la evaluación estimula el pensamiento. ¿Podría haber un futuro en el cual el portafolio de evaluación de un estudiante incluya un componente de la neurociencia, tal como un IRMf escáner?
Cuídese,

Christina Hinton
Experta, Consultora OCDE

Estimada Christina:

Sospecho que puede ser controversial, aunque podría ser de considerable valor, ya que podría destacar tempranamente un "problema" para una intervención dirigida, en lugar de esperar unos pocos años de notas bajas antes de reconocer un problema, momento en el cual el alumno se ha quedado muy atrasado. ¿Por lo tanto, podría ser de un notable beneficio?

Geoff

Sobre las emociones y el aprendizaje…

Estimados profesores:

¿Sienten ustedes que sea posible separar las emociones de los procesos cognitivos en el contexto del aula?

Christina Hinton
Experta, Consultora OCDE

Estimados todos:

En una palabra, no.

En una situación ideal, los profesores tendrían alumnos que aprenden todo en la medida que se les entrega la información, y serían capaces de producir evidencia de comprensión por sí mismos. Ésta es la imagen de educación que muchos de nosotros tenemos. Si esto no se está dando, entonces algo anda mal con el profesor o con el alumno. Yo creo que no hay nada malo con ninguno de los dos, excepto por una carencia de comprensión de sus emociones.

Un ejemplo de esto se encuentra en el aprendizaje de hechos básicos de las matemáticas. En el cuarto grado, los alumnos que pueden dar respuestas "automáticamente" a hechos en un tiempo dado (*times facts*) aprenden problemas difíciles de computación más rápido que aquellos que no lo hacen. (Por supuesto hay muchos alumnos que no son muy hábiles en cronometraje y son buenos para computación más compleja, pero al tratarse de grandes cantidades de niños, los profesores tienden a mirar el cuadro general.) Así, muchos profesores tienen tabulaciones acerca de estos hechos. Hace mucho tiempo me di cuenta de que hacer esto como una actividad grupal en el aula era demasiado destructivo como para seguir. Los estudiantes que sobresalían estaban extasiados. Todos los que no conseguían el máximo se sentían mal. Para unos pocos, la competencia los hacía trabajar más. Para más que unos pocos, la competencia reforzaba su imagen de ser malos para las matemáticas. Cada año tengo apoderados que me cuentan que sus niños odian ser medidos contra el tiempo, ya que por una razón u otra no pueden pensar lo suficientemente rápido. En consecuencia, ellos dicen, los hechos matemáticos no son importantes. Por favor no le tome el tiempo a mi niño. Yo digo, démosle un par de semanas y veamos qué pasa. Ahora tengo apoderados realizando mediciones contra el tiempo en el pasillo. Cuando los alumnos se encuentran por sí solos, nadie ve cómo trabajan, y cada uno de mis alumnos progresa. Los niños están felices, los apoderados contentos, y algunos hasta me dan las gracias.

Estoy leyendo con interés los comentarios en este foro respecto del involucramiento del aprendizaje holístico, las habilidades motoras, la física, la filosofía y los respaldos biológicos. A fin de entender el contenido

de cada mensaje, trato de visualizar la persona que lo escribe y su trasfondo para descubrir su intención. El hecho de tener una comprensión emocional de la persona ayuda a poner en contexto su razonamiento y empleo de palabras. Éste es otro ejemplo de lo que hacen los profesores al enseñar alfabetización. Todas las personas tienen "voz" en lo que escriben, no importa qué estén escribiendo. La voz es caracterizada por la personalidad del escritor, la cual se basa en las emociones de la persona.

Así, no me parece factible separar las emociones de los procesos cognitivos. De hecho, pienso que es muy necesario desarrollar un cierto nivel de pasión en el aprendizaje. Sin embargo, enfocar, cambiar, contener en otras palabras, tratar con las emociones es muy factible, y de hecho, es en lo que los profesores emplean más tiempo haciendo. Quizás depende de lo que usted quiere decir por separación.
¿Qué dice la neurociencia acerca de esto?

Profesor de 4° grado

Estimado profesor de 4° grado:

Muchas gracias por esto.

Los procesos emocionales y cognitivos funcionan sin costuras en el cerebro. Esto se debe a que la emoción y la cognición son conceptos de categorías que no reflejan la organización cerebral. El cerebro está organizado en conjuntos de neuronas con propiedades y funciones especializadas, un principio llamado modularidad. Estos ensambles regulan funciones muy específicas, como la percepción espacial o la discriminación de tonos. Un estímulo evoca una respuesta en red de varios ensambles para producir una cierta experiencia. Los componentes particulares de esta experiencia, por motivos de utilidad pueden ser etiquetados como cognitivos o emocionales, pero la distinción entre ambos es un tema de categorías y no basada en la función cerebral. Por lo tanto, desde mi perspectiva, la emoción que sus alumnos sienten cuando aprenden matemáticas, y los procesos emocionales en los cuales se involucran, no pueden separarse. Al parecer usted ve la experiencia de una manera holística también.
Mis mejores deseos,

Christina Hinton
Experta, Consultora OECD

Acerca de la neurociencia educacional…

Estimados profesores:

Vean las citas de parte de un educador y de un neurocientífico de renombre presentes en nuestra reunión *Red de aprendizaje continuo*, que tuvo lugar en Tokio en enero del 2005. Estaríamos interesados en cualquier comentario que deseen hacer acerca de estas reflexiones en ese sentido.

"Los ingenieros realmente no dependen de la física para construir sus puentes, ni esperan a que la física aparezca con los principios que les habrán de decir cómo hacerlo. Más bien, ellos estudian la física y adaptan los principios de ese campo a las decisiones prácticas que necesitan tomar, que incluyen los valores culturales que rigen el desplazamiento vehicular que eventualmente habrá de circular por el puente."

Michael Posner, Neurocientífico

"Todos estamos hablando en metáforas porque no hay campo real –la educación y el cerebro– con el cual relacionarse. Todo lo que podemos hacer es referirnos al concepto como una relación con algo que los grupos sociales habrán de reconocer."

Frank Coffield

Estimados todos:

Posner tiene toda la razón, pero recomiendo el libro *Why Buildings Fall Down* [Por qué se caen los edificios], de Matthys Levy y Mario Salvadori. La realidad es que no habrá progreso sin fracasos, y nadie diría que los avances de los arquitectos no deberían haber sido intentados. Debemos avanzar con algo de ignorancia porque no hay otra elección.

Por lo que, ¿quién se encargará de ser pionero?

Karl

ANEXO B
Tecnologías de imagenología cerebral

Las técnicas de investigación neurocientíficas varían y pueden incluir procedimientos invasivos, incluyendo la cirugía cerebral. Sin embargo, las herramientas más conocidas ahora son tecnologías de imagenología cerebral no invasivas. Estas herramientas pueden dividirse en dos categorías generales, aquellas que proporcionan información espacial de alta resolución y aquellas que proveen información temporal de alta resolución de la actividad cerebral. Entre las últimas, la mejor conocida es la tomografía por emisión de positrones (TEP, cuya sigla en inglés es PET) y la imagenología por resonancia magnética funcional (IRMf, cuya sigla en inglés es fMRI) Las técnicas TEP, que usan radioisótopos, detectan la actividad cerebral monitoreando los cambios en la utilización del oxígeno, el empleo de glucosa y las variaciones de flujo sanguíneo cerebral. La IRMf, con el uso de frecuencias de radio y magnéticas, identifica cambios en la concentración de hemoglobina desoxigenada (ver Cuadro A). Ambas técnicas requieren que las personas estén inmóviles para una imagen precisa.

Un hecho que se debe notar es que la señal que será medida –el cambio en oxígeno- es producida naturalmente por el cuerpo, no necesita inyectarse ningún indicador de contraste. Esto significa que es un procedimiento no invasivo, a diferencia de otras formas de imagenología cerebral como el escaneo mediante TEP, que requiere una inyección de materia radioactiva. Esto significa que la IRMf puede usarse para escanear los cerebros de los niños y puede repetirse múltiples veces en la misma persona –lo que implica que es posible observar ahora los efectos de capacitación, intervenciones, etc.–. El segundo aspecto a observar es que la señal medida –si bien se infiere que representa la actividad neuronal– es una medida INDIRECTA de la actividad cerebral. Ésta es una importante limitación que se debe recordar acerca del método, en este momento el modo primario de medir la actividad neuronal directamente está todavía limitada a los estudios de animales.

Debido a que la TEP y la IRMf dan información en el rango de milímetros, pero la resolución temporal sólo lo hace en segundos, estas técnicas son útiles para medir los cambios en la actividad cerebral durante una actividad cognitiva relativamente prolongada. Otra técnica, la estimulación magnética transcraneal (EMT, cuya sigla en inglés es TMS), es usada para crear un desorden temporal de la función cerebral (unos pocos segundos). Sin embargo, procesos como ejecutar cálculos matemáticos o leer abarcan muchos otros procesos que ocurren en el transcurso de unos pocos cientos de milisegundos. Por esa razón, la TEP y la IRMf son capaces de localizar las regiones cerebrales implicadas en la actividad matemática o de lectura, pero no pueden iluminar las interacciones dinámicas que suceden en los procesos mentales durante estas actividades.

Otro conjunto de herramientas proporciona una resolución temporal precisa en el rango de los milisegundos, pero su resolución espacial es tosca, pues brinda datos sólo en centímetros. Estas técnicas miden los campos magnéticos o eléctricos en la superficie del cuero cabelludo durante la actividad mental. Entre estas herramientas están la electroencefalografía (EEG), los potenciales relacionados a los eventos (PRE, cuya sigla en inglés es ERP) y la encefalografía magnética (EGM, cuya sigla en inglés es MEG). Ambas usan electrodos ubicados en áreas específicas del cuero cabelludo. Debido a la facilidad de su uso, a menudo se usan estas técnicas exitosamente con los niños. La EGM usa sistemas de interferencia de superconductores de quantum (cuya sigla en inglés es SQUIDs) en temperaturas de helio líquido. Mediante estas herramientas, se pueden obtener medidas precisas de cambios en milisegundos de la actividad cerebral durante tareas cognitivas.

Un nuevo método para la imagenología no invasiva de la función cerebral es la topografía óptica (TO, cuya sigla en inglés es OT), que fue desarrollada usando espectroscopía casi infrarroja (ECI, cuya sigla en inglés es NIRS) (Cuadro B). A diferencia de las metodologías convencionales, puede ser usada para estudios de comportamiento debido a que las fibras ópticas flexibles permiten que el sujeto se mueva y se puede construir un sistema compacto y de luz. Este método puede ser aplicado a niños y adultos. La observación del desarrollo temprano en una escala de tiempo mensual proporcionará información acerca de la arquitectura del sistema de procesamiento neuronal en el cerebro.

La tomografía óptica puede tener implicaciones importantes para el aprendizaje y la educación.[1]

Las investigaciones eficaces en la neurociencia cognitiva requieren una combinación de estas técnicas para proporcionar información acerca de los cambios temporales y la localización espacial de la actividad cerebral asociada con el aprendizaje. Al vincularse con los procesos de aprendizaje, es importante para los neurocientíficos tener operaciones cognitivas elementales finas y realizar los análisis para lograr un uso potente de las herramientas de imagenología cerebral. Entre estas disciplinas asociadas con el aprendizaje, dicho rango y análisis fino están disponibles más habitualmente en los estudios de la ciencia cognitiva o psicología cognitiva y, a la fecha, en estudios del procesamiento visual, memoria, lenguaje, lectura, matemáticas y resolución de problemas.

Otras opciones de investigación disponibles para los neurocientíficos incluyen el examen del cerebro durante la autopsia (por ejemplo, para medir la densidad sináptica) y en algunos raros casos, trabajar con poblaciones médicas, como las que sufren de epilepsia (aprender acerca de los procesos de las personas que han sufrido un daño cerebral o lesiones cerebrales debido a enfermedades o heridas). Algunos neurocientíficos estudian a niños que sufren debido al síndrome de alcoholismo fetal o síndrome Frágil X, y otros estudian el deterioro cognitivo prevaleciente durante el inicio de la enfermedad de Alzheimer o la depresión senil. Algunos más se enfocan en los cerebros de los primates o el de otros animales, como ratones o ratas para comprender mejor cómo funcionan los cerebros de los mamíferos humanos. En el pasado, sin técnicas de imagenología cerebral disponibles, era difícil recoger información directamente de la evidencia neurocientífica acerca del aprendizaje en general de la población humana sana.

Una limitación ulterior se presenta en el hecho de que no se ha aplicado ningún conjunto de tareas de aprendizaje del desarrollo a poblaciones humanas normales a través de su ciclo vital. Se ha desarrollado mucho trabajo respecto al aprendizaje en la niñez, pero menos respecto al

[1] Koizumi, H. *et al.* (1999), "Higher-order Brain Function Analysis by Trans-cranial Dynamic Nearinfrared Spectroscopy Imaging" [Análisis de la función cerebral de orden superior mediante imagenología de espectroscopía casi infrarroja transcraneal dinámica], *Journal Biomed,* opt., vol.4.

adolescente e incluso menos respecto al aprendizaje de los adultos. Sin una línea de base del desarrollo cognitivo normal, es difícil comprender cualquier suceso patológico en el aprendizaje.

La comprensión del poder y las limitaciones de la tecnología de imagenología cerebral y la necesidad de desarrollar protocolos cognitivos rigurosos es el primer paso para tratar de comprender cómo puede asesorar eventualmente la neurociencia cognitiva a la educación en la formación de un currículo basado en el cerebro. Los hallazgos recientes están comenzando a mostrar que con mucha probabilidad la educación surgirá del encuentro de la neurociencia cognitiva y la psicología cognitiva junto con el análisis pedagógico bien definido y sofisticado. En el futuro, la educación será transdisciplinaria, con una intersección de diferentes campos aliados para producir una nueva generación de investigadores y especialistas educacionales adeptos a plantearse interrogantes significativas en el tamaño adecuado.

Los métodos actuales de investigación en la neurociencia cognitiva limitan necesariamente los tipos de interrogantes que se enfrentan. Por ejemplo, cuestiones como "¿Cómo aprenden las personas a reconocer las palabras escritas?" son más tratables que "¿Cómo comparan las personas los temas de cuentos diferentes?". Esto se debe a que la primera lleva a estudios donde los estímulos y las respuestas pueden ser fácilmente controlados y contrastados con otra tarea, de tal forma que llega a ser comprensible en referencia a modelos cognitivos conocidos. La segunda interrogante abarca demasiados factores que no pueden ser separados con éxito durante las pruebas experimentales. Por esta razón, el tipo de tareas educacionales favorecidas por la sociedad permanecerán en un nivel más complejos que aquellas que podrían adecuarse a la neurociencia cognitiva.

Los investigadores también enfatizan la necesidad metodológica de realizar pruebas acerca del aprendizaje no sólo inmediatamente después de alguna intervención educacional (lo cual es habitual en la práctica actual, sino también con ciertos intervalos, sobre todo en el caso de las comparaciones relacionadas con la edad. Estos estudios longitudinales llevan los proyectos de investigación fuera del laboratorio en situaciones de la vida real, lo cual pone límites acerca de cuándo pueden ser interpretados los resultados y estén disponibles para el uso educacional.

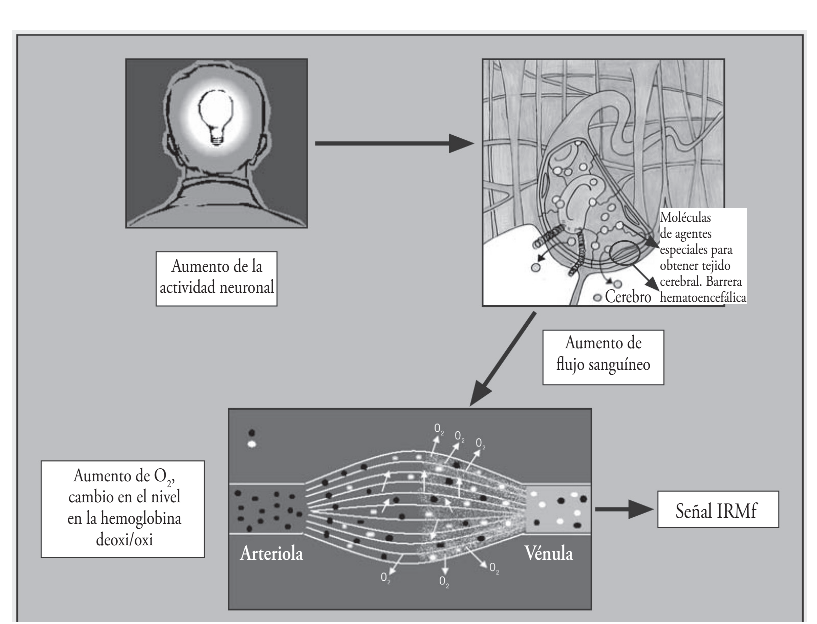
Cuadro A. ¿Qué es la IRMf?

La IRMf que nos permite ver las funciones cerebrales es una variante del IRM estándar. Ésta es usada para observar las rodillas, las espaldas y el cerebro, nos da una imagen del tejido blando. Esto en oposición a los rayos X, por ejemplo, que nos permiten ver los huesos y las calcificaciones. De esta manera, la IRM nos permite ver los ligamentos, los tendones y otros tejidos blandos dentro del cuerpo, incluyendo el cerebro, el cual es enteramente tejido blando. Ya que la IRMf es una variante de la IRM tiene muchos de sus mismos beneficios y limitaciones. Algunas de estas últimas son las mismas que cualquier IRM: 1) hay que permanecer extremadamente quieto; 2) si se es claustrofóbico es muy difícil tolerar el espacio muy pequeño donde debe ingresarse, y 3) es muy ruidoso. Cualquiera que ha pasado a través de la IRM ha experimentado estas condiciones y es lo mismo con el IRMf. El IRM estándar opera debido a que los diferentes tejidos de nuestro cuerpo tienen propiedades magnéticas levemente diferentes y los imanes en el IRM las hacen responder un poco distinto, y luego los computadores ayudan a transformar las respuestas magnéticas diferentes en una imagen. Con la IRMf aprovechamos el hecho de que el oxígeno y su transporte, la hemoglobina, tienen propiedades magnéticas y responden al campo magnético. Esto nos da un medio para medir la función cerebral, ya que las neuronas que están más activas usan más oxígeno y tienen señales magnéticas distintas que las áreas que no están activas.

Para resumir brevemente la técnica

Una persona tiene un pensamiento o idea o realiza una tarea perceptual o cognitiva que lleva a un incremento en la actividad neuronal –en una región específica o regiones del cerebro– un crecimiento FOCAL de la actividad neuronal. A su vez, esto lleva a un crecimiento FOCAL del flujo sanguíneo a la misma región cerebral, que ocasiona un aumento en el suministro de oxígeno a esa región –o más exactamente a un cambio en la tasa de deoxi u oxihemoglobina–. Es este cambio en el oxígeno que nos da nuestra señal o indicador para el IRMf (ver Figura A).

Figura A. La imagenología por resonancia magnética funcional



Cuadro B. La tomografía óptica casi infrarroja (TO-CI), las ciencias del aprendizaje y la investigación acerca del cerebro

La tomografía óptica casi infrarroja (TO-CI), cuya sigla en inglés es NIR-OT es una nueva metodología no invasiva para los análisis de las funciones cerebrales de orden superior, que detecta la activación cerebral del área localizada entre varios sujetos bajo condiciones naturales, como aprendizaje en la casa o en el aula. Esta nueva metodología ayuda a evaluar las actividades cerbrales integradas e individuales en estudios transversales y longitudinales.

Otras metodologías de escaneo cerebral como la imagenología por resonancia magnética funcional (IRMf) y la encefalografía magnética (EGM) han sido usadas desde comienzos de los años 1990. Sin embargo, estas metodologías han mostrado varias limitaciones debido a que el sujeto tiene que estar rígidamente fijado a la máquina durante todo el proceso de medición. Aunque este punto no ha sido tan importante en la neurología convencional en la cual los sujetos eran primariamente pacientes, ha habido un interés creciente en posibilitar la imagenología de la función de orden superior en condiciones naturales. En verdad, la metodología de la TO-CI provee imágenes cerebrales de varios sujetos sin ninguna restricción, lo cual es un aspecto esencial para analizar la interacción entre los aprendices y los profesores.

La TO-CI se basa en una luz casi infrarroja transportada por una fibra óptica, la cual es radiada al cuero cabelludo; parte de esa luz alcanzará una profundidad de aproximadamente 30mm en los adultos. La corteza cerebral reflejará entonces la luz y la devolverá a través del cuero cabelludo. Esta luz reflejada y dispersa será después detectada por otra fibra óptica situada alrededor de 30 mm del punto de irradiación. La luz casi infrarroja es completamente no invasiva, equivalente a la irradiación del poder solar en un día nublado de invierno. El sistema analítico de la TO es un semiconductor móvil que puede en el futuro convertirse en un pequeño circuito integrado de tamaño manual que posibilitaría significativamente el aumento de las condiciones ambientales de medición.

Varios estudios preliminares relacionados con las ciencias del aprendizaje y la investigación relacionada con el cerebro ya han sido desarrollados durante estos años usando la metodología de la TO-CI. Incluyen los estudios de desarrollo con niños sanos, los estudios de lenguaje en la memoria operativa. La TO-CI ha sido también aplicada en otras áreas de investigación como los cambios en el funcionamiento cerebral durante las acciones de cocinar y de conducir.

Fuente: Hideaki Koizumi, Fellow, Hitachi, Ltda.

Cuando se intenta comprender y analizar los datos científicos, es importante mantener los estandares críticos al juzgar los postulados de la neurociencia cognitiva y sus implicaciones educacionales. Algunos puntos que deben considerarse con:

- El estudio original y su propósito primario;
- si el estudio es un estudio único o una serie de estudios;
- si el estudio implicó un resultado de aprendizaje;
- la población estudiada.[2]

[2] Ya sea que se usen primates humanos o primates no-humanos, es de máxima importancia cuestionarse acerca de la representatividad de la muestra, preguntándose a qué población declara que se aplica.

Recientemente se ha vuelto a enfatizar la importancia de desarollar una comunidad informada y crítica para el progreso de la ciencia (que llega a consenso en el tiempo, sobre la base inferencial y a partir de la evidencia de postulados científicos).[3]

El desarrollo de dicha comunidad (compuesta de educadores, psicólogos cognitivistas y gestores de políticas, etc.) que gire alrededor de la ciencias del aprendizaje que están surgiendo es crucial. Para que se logre esta comunidad es necesario un juicio crítico apropiado en materias de postulados "basados en el cerebro" acerca del aprendizaje y la enseñanza. Integrados en esta comunidad, los gestores de políticas considerarán más exitosamente los currículos apropiados basados en el cerebro si hay un reconocimiento de lo siguiente:

a) La popularidad de un postulado neurocientífico no implica necesariamente su validez;
b) la metodología y tecnología de la neurociencia cognitiva es aún una obra en progreso;
c) el aprendizaje no se produce completamente bajo control consciente o voluntario;
d) el cerebro tiene cambios naturales por el desarrrollo a través del ciclo vital;
e) una gran parte de la investigación de la neurociencia ha sido orientada a comprender o enfrentar patologías o enfermedades relacionadas con el cerebro;
f) una ciencia satisfactoria del aprendizaje considera los factores sociales y emocionales además de los cognitivos; y
g) aunque una ciencia del aprendizaje y de la educación basadas en el cerebro están apenas comenzando, ya se han obtenido ganancias importantes.

Hay muchos datos en el nivel psicológico (extraídos principalmente de estudios bien diseñados de la psicología cognitiva) desde los cuales se puede obtener lecciones para el aprendizaje y la enseñanza. Los datos de la neurociencia cognitiva pueden ayudar refinando las hipótesis, aclarando las ambigüedades de algunos postulados y sugiriendo directrices para la investigación. En otras palabras, una contribución importante

[3] En un informe del Consejo de Investigación Nacional de Estados Unidos [*US National Research Council*] sobre la investigación científica en educación.

de la neurociencia cognitiva a una ciencia emergente del aprendizaje puede ser imbuir la disciplina con un escepticismo científico hacia las afirmaciones exageradas y la defensa sin examen relacionadas con el cómo mejorar la enseñanza y el aprendizaje.

Sin embargo, el escepticismo hacia algunas de las afirmaciones actuales acerca de la base neurocientífica para el aprendizaje no debería alimentar el cinismo acerca de los beneficios potenciales de la neurociencia cognitiva para la educación. Ciertamente los datos que surgen acerca de la plasticidad cerebral son estimulantes. La evidencia acerca de postulados sobre el aprendizaje muestra que es improbable que éstos surjan sólo desde los estudios neurocientíficos; con todo, en el futuro las tecnologías mejoradas de imagenología cerebral y los protocolos más sofisticados de aprendizaje nos permitirán abordar mejor esta interrogante.

Glosario

Acalculia. Ver **discalculia**.

Ácidos grasos. El cuerpo humano puede producir todos, excepto dos (ácidos linoleico y alfalinolénico) de los ácidos grasos que necesita, y de los cuales se compone el cerebro. Ya que no pueden ser hechos en el cuerpo a partir de otros sustratos, y deben ser suministrados a través del alimento (llámese en aceites vegetales y de pescado) se los llama ácidos grasos esenciales (ver también Omega y HUFA).

Ácidos grasos omega. Ácidos grasos poliinsaturados los cuales no pueden ser sintetizados en el cuerpo.

ADHD (sigla en inglés de Trastorno de Hiperactividad de Déficit de Atención). Un síndrome de problemas del aprendizaje y de la conducta, caracterizado por dificultad en mantener la atención, comportamiento impulsivo (tal como hablar fuera de turno) e hiperactividad.

ADN (ácido desoxirribonucléico). Es un polímero largo de nucleótidos (un polinucléotido) que codifica la secuencia de residuos de aminoácidos en proteínas, usando el código genético.

Afasia. Alteración en la comprensión o producción de lenguaje.

Amígdala. Una parte del cerebro involucrada en las emociones y la memoria. Cada hemisferio contiene una amígdala ("con forma de almendra") ubicada profundamente dentro del cerebro, próxima a la superficie interior de cada lóbulo temporal.

Anhedonia. Reconocida como uno de los síntomas clave del trastorno depresivo del temperamento. Los pacientes con anhedonia son incapaces de experimentar placer con eventos normalmente placenteros de la vida, tales como comer, ejercitarse y las interacciones sociales/sexuales.

Apolipoproteína E (o “apoE”). Ha sido estudiada por muchos años por su implicación en enfermedades cardiovasculares. Sólo recientemente ha sido descubierto que un alelo (factor de gen) del gen aopE (E4) es un factor de riesgo para la enfermedad de Alzheimer.

Área de Broca. La región cerebral ubicada en el lóbulo frontal del hemisferio izquierdo, involucrada en la producción del habla.

Área de Wernicke. Una región del cerebro involucrada en la comprensión del lenguaje y la producción de discursos significativos.

Áreas perisilvianas. Regiones corticales que son adyacentes a la cisura de Silvio –la mayor cisura en la superficie lateral del cerebro que corre a lo largo del lóbulo temporal–.

Atención. Es el proceso cognitivo de concentrarse selectivamente en una tarea mientras se ignoran otras. Los estudios de imagenología han sido capaces de indicar las distintas redes de áreas neuronales, las cuales llevan a cabo las varias funciones de atención, tales como mantener el estado de alerta, orientarse hacia información sensorial y resolver conflictos entre pensamientos o sentimientos en competencia.

Axón. La extensión similar a fibras de una neurona por medio de la cual la célula envía información a las células objetivo.

Células gliales. Células especializadas que nutren y apoyan las neuronas.

Cerebelo. Una parte del cerebro ubicada abajo y atrás de los hemisferios principales, involucrado en la regulación del movimiento.

Cerebro reptiliano (así llamado). Se refiere al tallo del cerebro, que es la parte más antigua del cerebro humano en evolución.

Cerebrum. También conocido por un término más técnico: *telencéfalo*. Se refiere a los hemisferios cerebrales y a otras estructuras más pequeñas dentro del cerebro, y está compuesto de las siguientes subregiones: sistema límbico, corteza cerebral, ganglios basales y bulbo olfatorio.

Ciencia cognitiva. Estudio de la mente. Ciencia interdisciplinaria que se nutre de muchos campos, incluyendo la neurociencia, psicología,

filosofía, ciencia computacional, inteligencia artificial y la lingüística. El propósito de la ciencia cognitiva es desarrollar modelos que ayuden a explicar la cognición humana: percepción, pensamiento y aprendizaje.

Ciencia del aprendizaje. Término que intenta proporcionar una etiqueta para el tipo de investigación posible, cuando la investigación de la neurociencia cognitiva y de otras disciplinas relevantes se unen con la investigación y la práctica educacional.

Circunvolución. Las circunvoluciones circulares de la corteza, a cada una de las cuales se les ha asignado un nombre identificador: circunvolución frontal medio, circunvolución frontal superior, circunvolución frontal inferior, circunvolución frontal interior izquierdo, circunvolución medio posterior, circunvolución postcentral, circunvolución supermarginal, circunvolución angular, circunvolución angular izquierdo, circunvolución fusiforme izquierdo, circunvolución cingulado.

Circunvolución angular. Un área de la corteza en el lóbulo parietal involucrada en el procesamiento de la estructura del sonido del lenguaje y la lectura.

Circunvolución fusiforme. Región cortical que corre a lo largo de la superficie ventral (inferior) de los lóbulos occipital-temporal, asociados con los procesos visuales. La actividad funcional sugiere que esta área está especializada en el procesamiento visual de facciones y de la forma visual de las palabras.

Cóclea. Órgano del oído interno con forma de caracol y lleno de fluido, responsable de la transducción del movimiento en neurotransmisión para producir una sensación auditiva.

Cognición. Conjunto de operaciones de la mente, la cual incluye todos los aspectos de la percepción, pensamiento, aprendizaje y el recuerdo.

Competencias. Se refiere a la habilidad estudiantil. La capacidad mental para desempeñar tareas particulares.

Condicionamiento clásico. Aprendizaje en el cual un estímulo que naturalmente produce una respuesta específica (estímulo incondicionado)

es emparejado repetidamente con un estímulo neutro (que llega a ser un estímulo condicionado). Como resultado, el estímulo condicionado puede llegar a evocar respuestas similares a las del estímulo incondicionado.

Consolidación de la memoria. Los cambios físicos y psicológicos que tienen lugar cuando el cerebro organiza y reestructura la información a modo de hacerla parte de la memoria.

Constructivismo. Una teoría del aprendizaje por la cual los individuos construyen activamente una comprensión desde sus experiencias.

Corteza (cerebral). Capa exterior del cerebro.

Corteza anterior cingulada. Parte frontal de la corteza cingulada. Cumple un papel en una amplia variedad de funciones autónomas, tales como la regulación de la tasa de pulsaciones del corazón y la presión sanguínea, y es vital para las funciones cognitivas, como la anticipación de recompensa, la toma de decisiones, la empatía y las emociones.

Corteza auditiva. La región del cerebro responsable del procesamiento de la información auditiva (sonidos).

Corteza motora primaria. Trabaja en asociación con las áreas premotoras para planear y ejecutar movimientos.

Corteza motora. Regiones de la corteza del cerebro involucradas en la planificación, control y ejecución de las funciones motoras voluntarias.

Corteza occípito-temporal. También conocida como área de Brodman, es parte de la corteza temporal en el cerebro humano.

Corteza prefrontal. La región al frente de la corteza frontal, la cual está involucrada en la planificación y otra cognición de nivel elevado.

Corteza visual. Ubicada en el lóbulo occipital; involucrada en la detección de estímulos visuales.

Corteza visual primaria. La región de la corteza occipital donde llega primero la mayor parte de la información visual.

Cortisol. Hormona liberada por la corteza adrenal. En los humanos es secretada en mayores cantidades antes del amanecer, preparando al cuerpo para las actividades del día que viene.

Crianza. El proceso de cuidar y enseñar a un niño mientras crece.

Cuerpo calloso. El gran manojo de fibras nerviosas que enlaza los hemisferios izquierdo y derecho.

Cuerpo estriado. Parte subcortical del telencéfalo, más conocido por su rol en la planificación y modulación de vías de movimiento, pero también está involucrado en una variedad de otros procesos cognitivos que involucran la función ejecutiva.

Cociente de Inteligencia CI [IQ, sigla en inglés]. Un número dado que expresa la inteligencia relativa de una persona, originalmente determinado por la división de la edad mental por la edad cronológica y multiplicado por cien.

Decodificación. Un proceso elemental en el aprendizaje de la lectura de sistemas alfabéticos de escritura (por ejemplo, inglés, español, alemán o italiano) en el cual las palabras no familiares son descifradas por la asociación de letras de palabras con los sonidos hablados correspondientes.

Demencia (senil). Condición de mentalidad deteriorada caracterizada por un marcado descenso desde el nivel intelectual anterior de un individuo, a menudo debido a una apatía emocional. La enfermedad de Alzheimer es una forma de demencia senil.

Dendrita. Extensión del cuerpo de la célula neuronal con forma de árbol. Recibe información de otras neuronas.

Densidad sináptica. Se refiere al número de sinapsis asociadas con una neurona. Se piensa que más sinapsis por neurona indican una mayor habilidad de representación y adaptación.

Depresión. Una disminución de vitalidad en la actividad funcional: el estado de estar por debajo de lo normal en la vitalidad física o mental. La depresión senil se refiere a la depresión en la madurez avanzada, la

cual puede ser dominada por la agitación y la hipocondría. No está claro si esta forma de depresión es diferente de la depresión en otros momentos de la vida.

Desarrollo. Cambio progresivo que ocurre en los seres humanos a medida que envejecen. Las inclinaciones biológicas interactúan con la experiencia para guiar el desarrollo durante toda la vida.

Desarrollo filogénico. El proceso de la evolución que favorece aquellos rasgos genéticos del comportamiento en ambos géneros, y que asegura mejor la supervivencia de las especies.

Discalculia. Menoscabo en la habilidad de desempeñar operaciones aritméticas simples, a pesar de instrucción convencional, inteligencia adecuada y oportunidad sociocultural.

Dislexia. Trastorno manifestado por la dificultad en aprender a leer, a pesar de instrucción convencional, inteligencia adecuada y oportunidad sociocultural.

Dispraxia. Dificultades de coordinación motora para llevar a cabo cualquier secuencia compleja.

Dopamina. Un neurotransmisor perteneciente a la clase de catecolaminas conocido por tener múltiples funciones, dependiendo de dónde actúe. En las víctimas de Parkinson, las neuronas que contienen dopamina en la sustancia negra del tallo cerebral se proyectan al núcleo caudado y son destruidas. Se piensa que la dopamina regula las respuestas emocionales y cumple un papel en la esquizofrenia y en el abuso de la cocaína.

ECG (Electrocardiograma). Grabación del voltaje eléctrico en el corazón, en la forma de una tira gráfica continua.

EEG (Electroencefalograma). Medida de la actividad eléctrica del cerebro por medio de electrodos. El EEG es derivado desde sensores ubicados en varios puntos del cuero cabelludo, los cuales son sensibles a la actividad sumada de las poblaciones de neuronas de una región particular del cerebro.

Emociones. No hay una definición aceptada universalmente. La explicación neurobiológica de la emoción humana es que la emoción es un estado mental placentero o no placentero, organizado más que nada en el sistema límbico del cerebro de los mamíferos.

EMT (Estimulación magnética transcraneal) [TMS, sigla en inglés]. Procedimiento en el cual la actividad eléctrica en el cerebro es influida por un campo magnético pulsado. Recientemente, se ha usado la EMT para investigar aspectos del procesamiento cortical, incluyendo las funciones sensoriales y cognitivas.

Encéfalo. La mayor división del cerebro, que incluye la corteza cerebral y los ganglios basales. Se le acreditan las funciones intelectuales superiores.

Endorfinas. Neurotransmisores producidos en el cerebro, que generan efectos celulares y de comportamiento similares a los de la morfina.

Enfermedad de Alzheimer. Una enfermedad degenerativa progresiva del cerebro asociada con el envejecimiento, caracterizada por una atrofia difusa a través de todo el cerebro, con lesiones distintivas llamadas *placas seniles* y aglomeraciones de fibrillas llamadas *manojos neurofibrilares*. Son afectados los procesos cognitivos y de memoria (ver también **enfermedades neurodegenerativas**).

Enfermedad de Parkinson. Un trastorno degenerativo del sistema nervioso central que afecta el control muscular, por lo que puede afectar el movimiento, el habla y la postura (ver también **enfermedades neurodegenerativas**).

Enfermedades neurodegenerativas. Trastornos del cerebro y del sistema nervioso que conducen a la disfunción y degeneración cerebral, incluyendo la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson y otros trastornos neurodegenerativos que ocurren frecuentemente con el envejecimiento.

Entrenamiento cognitivo. Métodos de enseñanza y capacitación para remediar déficits cognitivos.

Epigenética. Cambios en la función del gen, a menudo suscitados por factores ambientales.

Epilepsia. Trastorno nervioso crónico en humanos, que produce convulsiones de mayor o menor severidad, con oscurecimiento de la conciencia; involucra cambios en el estado de conciencia y de movimiento debido, ya sea a un defecto congénito o a una lesión cerebral producida por un tumor, herida, agentes tóxicos o perturbaciones glandulares.

Esclerosis múltiple. Una enfermedad inflamatoria crónica que afecta al sistema nervioso central.

Espectroscopía Cercana al Infrarrojo, ECI. Método de imagenología no invasivo que permite medir las concentraciones de hemoglobina desoxigenada en el cerebro por absorción cercana al infrarrojo (la luz cercana al infrarrojo de una amplitud de onda entre 700 nm y 900 nm puede penetrar parcialmente a través de los tejidos humanos).

Esquizofrenia. Un trastorno mental caracterizado por una deficiencia en la percepción o de la expresión de la realidad y/o por la significativa disfunción social u ocupacional.

Estímulo. Un evento ambiental capaz de ser detectado por los receptores sensoriales.

Estrés. Respuestas físicas y mentales a cualquier cosa que cause experiencias reales o imaginadas y cambios en la vida. El estrés persistente y/o excesivo puede conducir a una conducta depresiva (repliegue).

Estudio de activación. Estudio llevado a cabo con técnicas de imagenología (ver también **TEP** y **IRMf**).

Estudio de cohorte. Un tipo de estudio longitudinal utilizado en medicina y las ciencias sociales, que compara una cohorte o un grupo de personas que comparten con un grupo externo una característica o experiencia común.

Estudio longitudinal. Estudio que rastrea el desarrollo de individuos por un período extendido de tiempo.

Estudio transversal. Un tipo de estudio descriptivo que mide la frecuencia y las características de una población en un punto particular del tiempo.

Excitación. Cambio en el estado eléctrico de una neurona asociado con una probabilidad aumentada de potenciales de acción.

Experiencia-dependiente. Una propiedad del sistema neuronal funcional en la cual las variaciones en experiencia conducen a variaciones en la función, una propiedad que puede persistir a lo largo de la vida.

Expectante a la experiencia. Una propiedad del sistema neuronal funcional en la cual el desarrollo del sistema ha evolucionado para depender críticamente de contribuciones ambientales estables, que son más o menos los mismos para todos los miembros de la especie (por ejemplo estimulación de ambos ojos en recién nacidos durante el desarrollo de las columnas de dominancia ocular). Se piensa que esta propiedad opera temprano en la vida.

Fluido o líquido cerebroespinal. Un líquido que se encuentra dentro de los ventrículos cerebrales y en el canal central de la médula espinal.

Fonemas. Unidades básicas del idioma hablado que componen las palabras.

Ganglios basales. Racimos de neuronas, que incluyen el núcleo caudado, el putamen y el *globus pallidus*, además de la sustancia negra, que se encuentran ubicados profundamente en el cerebro y que cumplen un papel importante en el movimiento. La muerte de células en la sustancia negra contribuye a los signos del Parkinson.

Gen. Es la unidad de herencia en los organismos vivos. Los genes influyen el desarrollo físico y conductual del organismo (ver también **genética**).

Genética. La ciencia de los genes, de la herencia y de la variación de los organismos. La **genética clásica** consiste en las técnicas y metodologías de la genética anteriores a la biología molecular. La **genética molecular** construye sobre la fundación de la genética clásica pero se enfoca en la estructura y función de los genes a nivel molecular. La **genética del comportamiento** estudia la influencia de genéticas variables en la conducta animal, y las causas y efectos de los trastornos humanos.

Glándula pineal. Un órgano endocrino que se encuentra en el cerebro. En algunos animales puede servir como un reloj biológico influido por la luz.

Glándula pituitaria. Un órgano endocrino estrechamente vinculado al hipotálamo. En los humanos está compuesto de dos lóbulos, y segrega un número de hormonas que regulan la actividad de otros órganos endocrinos en el cuerpo.

Globus pallidus. Una estructura subcortical del cerebro.

Grafemas. La unidad más pequeña del lenguaje escrito, incluyendo palabras, caracteres chinos, numerales y signos de puntuación.

Hemisferios cerebrales. Las dos mitades especializadas del cerebro. El **hemisferio izquierdo** está especializado en el habla, la escritura, el lenguaje y el cálculo; el **hemisferio derecho** está especializado en las habilidades espaciales, reconocimiento de facciones en la visión, y en algunos aspectos de la percepción y producción musical.

Hipocampo. Una estructura con la forma de un caballito marino ubicada dentro del cerebro y considerada como una parte importante del sistema límbico. Funciona en el aprendizaje, memoria y emociones.

Hipotálamo. Una compleja estructura cerebral compuesta por muchos núcleos con varias funciones. Éstas incluyen la regulación de actividades de los órganos internos, monitoreo de información desde el sistema nervioso autónomo y el control de la glándula pituitaria.

Hormonas. Mensajeros químicos secretados por glándulas endocrinas para regular la actividad de las células objetivo. Cumplen un papel en el desarrollo sexual, el calcio y el metabolismo óseo, el crecimiento y muchas otras actividades.

HUFA. Sigla en inglés, corresponde a ácidos grasos altamente no saturados.

Imagen mental. También conocida como *visualización*. Las imágenes mentales son creadas por el cerebro a partir de recuerdos, la imaginación, o una combinación de ambos. La hipótesis es que las áreas del

cerebro responsables de la percepción también están implicadas durante la imagen mental.

Imágenes mentales. Representaciones internas consistentes en información visual y espacial.

Imagenología funcional. Representa un rango de técnicas de medición en las cuales el objetivo es obtener información cuantitativa acerca de la función fisiológica.

Imagenología por difusión [DTI, sigla en inglés]. Una técnica de imagenología de resonancia magnética (IRM) que permite medir la difusión restringida de agua en los tejidos. Permite observar la difusión molecular en tejidos vivos y, por lo tanto, la organización molecular en los tejidos.

Inhibición. Con referencia a las neuronas, éste es un mensaje sináptico que impide a la célula receptora hacer conexión (*firing*).

Insomnio. Inhabilidad de permanecer dormido por un período razonable.

Integrado [*hard-wired*]. Significa "no cambiable". En contraste con el concepto de plasticidad en el cual el cerebro es maleable.

Inteligencia artificial (IA). Un campo de la ciencia computacional que intenta desarrollar máquinas que se comporten "inteligentemente".

Inteligencia emocional. Algunas veces conocida como coeficiente emocional [**EQ, sigla en inglés**]. Los individuos con inteligencia emocional son capaces de relacionarse con otros con compasión y empatía, tienen habilidades sociales bien desarrolladas y usan esta conciencia para dirigir sus acciones y comportamiento. El término fue acuñado en 1990.

Inteligencia. Característica de la mente carente de una definición científica. Puede ser inteligencia fluida o cristalizada (ver también **inteligencias múltiples, CI**).

Inteligencias múltiples. Teoría de que cada individuo tiene inteligencias múltiples, parcialmente distintas, incluyendo: lingüística, lógica-

matemática, espacial, corporal-cinestésica, musical, interpersonal e intrapersonal.

Iones. Átomos cargados eléctricamente.

IRM (Imagenología de Resonancia Magnética). Técnica no invasiva usada para crear imágenes de las estructuras dentro del cerebro humano vivo, a través de la combinación de un fuerte campo magnético e impulsos de frecuencia de radio.

IRMf (Imagenología de Resonancia Magnética Funcional). Uso de un escáner IRM para visualizar la actividad neuronal, indirectamente a través de cambios en la química de la sangre (tal como el nivel de oxígeno) e investigar aumento de actividad dentro de las áreas del cerebro que están asociadas con diversas formas de estímulos y tareas mentales (ver **IRM**).

Lóbulo. Áreas voluminosas del cerebro seccionadas por función (ver también frontal, occipital, parietal y temporal).

Lóbulo frontal. Una de las cuatro divisiones de cada hemisferio de la corteza cerebral. Tiene el rol de controlar el movimiento y la asociación de las funciones de otras áreas corticales; se cree está involucrado en la planificación y el pensamiento de orden más elevado.

Lóbulo occipital. Región posterior de la corteza cerebral, que recibe información visual.

Lóbulo parietal. Una de las cuatro subdivisiones de la corteza cerebral. Juega un rol en los procesos sensoriales, la atención y el lenguaje. Involucrado en muchas funciones, tales como el procesamiento de información espacial, imagen corporal, orientación a ubicaciones, etc. Puede ser subdividido en el **lóbulo parietal superior** y el **lóbulo parietal inferior**. Conforman el lóbulo parietal el *precuneus*, la circunvolución poscentral, circunvolución supramarginal y la circunvolución angular.

Lóbulo temporal. Una de las cuatro subdivisiones importantes de cada hemisferio de la corteza cerebral. Funciona en la percepción auditiva, el habla y las percepciones visuales complejas.

Mapas cognitivos. Representaciones mentales de objetos y lugares tal como están ubicados en el ambiente.

Materia blanca. Consiste en los axones mielinizados que conectan varias áreas de materia gris en el cerebro.

Materia gris. Consiste en los cuerpos de las células de neuronas y dendritas.

MEG (Magnetoencefalografía). Una técnica de imagenología cerebral funcional no invasiva, sensible a los cambios rápidos en la actividad cerebral. Los dispositivos de registro ("SQUIDs", dispositivos superconductores Quantum de interferencia) ubicados cerca de la cabeza, son sensibles a pequeñas fluctuaciones magnéticas asociadas con la actividad neuronal en la corteza. Las respuestas a eventos pueden ser rastreados en una escala temporal de milisegundos, con buena resolución espacial para aquellos generadores a los cuales la técnica es sensible.

Melatonina. Producida de la serotonina, la melatonina es liberada por la glándula pineal al torrente sanguíneo. Afecta cambios psicológicos relacionados con el tiempo y los ciclos de luz.

Memoria/aprendizaje implícito. Los recuerdos que no pueden ser recuperados conscientemente pero que son activados como parte de habilidades o acciones particulares, y que reflejan el aprendizaje del procedimiento de un patrón, el cual podría ser difícil de verbalizar de forma explícita, o reflexionar conscientemente acerca de él (p. ej. un recuerdo que le permite involucrarse en un procedimiento más rápidamente la segunda vez, tal como, atarse los cordones del zapato).

Memoria de largo plazo. La fase final de la memoria, en la cual el almacenamiento de información puede durar desde horas hasta toda la vida. Almacena memoria como significado.

Memoria explícita. Recuerdos que pueden ser recuperados por un acto consciente y verbalizados, en contraste con memorias implícitas o de procedimiento, las cuales son menos explícitas en lo verbal.

Memoria operativa, de trabajo o de corto plazo. Una fase de la memoria en la cual se puede mantener una limitada cantidad de información por varios segundos y hasta minutos. Se refiere a estructuras y procesos

usados para almacenar y manipular información temporalmente. La memoria de corto plazo puede llegar a ser memoria de largo plazo, a través de procesos de ensayo y asociaciones significativas.

Mente. Es lo que hace el cerebro, incluye el intelecto y la conciencia.

Metabolismo. La suma de todos los cambios físicos y químicos que tienen lugar dentro de un organismo y todas las transformaciones de energía que ocurren dentro de las células vivas.

Metacognición. Conciencia consciente de los propios procesos cognitivos y de aprendizaje. Herramienta para analizar la expresión del gen que consiste de una diapositiva. En breve, "pensar acerca del pensar".

Microcolección. Herramienta para analizar la expresión genética que consiste en una diapositiva de vidrio u otro soporte sólido, con las secuencias de muchos genes diferentes anexados a ubicaciones fijas. Al usar una colección que contiene muchas muestras de ADN, los científicos pueden determinar los niveles de expresión de cientos o miles de genes dentro de una célula en un solo experimento.

Microgenética. Un método de rastrear cambios durante el desarrollo. El método microgenético enfatiza que el cambio es continuo y ocurre en muchos puntos diferentes aparte de los mayores cambios de fase. Rastrear estos cambios en curso puede ayudar a los investigadores a entender cómo aprenden los niños.

Mielina/mielinización. Material graso compacto que rodea y aísla los axones de algunas neuronas. Proceso por el cual los nervios son recubiertos por una sustancia grasa protectora. La vaina (mielina) alrededor de las fibras nerviosas actúa eléctricamente como un conducto en un sistema eléctrico, aumentando la velocidad a la cual pueden enviarse los mensajes.

Mito de los tres. También conocido como el "Mito de los primeros años". Este supuesto establece que sólo los tres primeros años importan realmente al alterar la actividad del cerebro, y luego de esto, el cerebro es insensible a los cambios. Este punto de vista extremo acerca del "período crítico" no es exacto. De hecho, el cerebro es permeable al cambio a lo largo de toda nuestra vida (ver **período crítico** y **período sensible**).

Morfología. En la lingüística, la morfología es el estudio de la estructura de la palabra.

Motivación. Puede definirse como lo que ocasiona acción. La motivación refleja estados en los cuales el organismo está preparado para actuar física y mentalmente de manera enfocada, esto es, caracterizados por aumento en los niveles de excitación. De acuerdo con esto, la motivación está relacionada de manera íntima con las emociones, ya que éstas constituyen la forma del cerebro para evaluar si se debe actuar sobre las cosas.

Motivación intrínseca. Es evidente cuando las personas se comprometen en una actividad por la actividad misma, sin que haya presente un incentivo externo obvio, en oposición a la **motivación externa/extrínseca** que es guiada por la recompensa.

Movimientos oculares rápidos en el sueño [REM, sigla en inglés]. La etapa del sueño caracterizada por el movimiento rápido de los ojos ocurre cuando la actividad de las neuronas del cerebro es muy similar a aquélla durante las horas despiertas.

Multitarea. Desempeño simultáneo de dos o más tareas.

Nervio auditivo. Un manojo de fibras nerviosas que se extiende desde la cóclea del oído hasta el cerebro, la cual contiene dos ramas: el nervio coclear, que transmite información sonora, y el nervio vestibular, que transmite información relacionada con el equilibrio.

Neurobiología. Estudio de las células y los sistemas del sistema nervioso.

Neurociencia cognitiva. Estudio y desarrollo de la investigación de la mente y el cerebro, orientado a investigar las bases psicológicas, computacionales y neurocientíficas de la cognición.

Neurogénesis. Nacimiento de neuronas nuevas.

Neuromito. Idea falsa generada por un malentendido, una mala lectura o una cita equivocada de hechos establecidos científicamente (por investigación del cerebro) para hacer un caso para uso en investigación del cerebro, en educación u otros contextos.

Neurona. Célula nerviosa. Está especializada para la transmisión de información y se caracteriza por sus largas proyecciones fibrosas, llamadas axones, y proyecciones más cortas, similares a ramas, llamadas dendritas. Bloque constructivo básico del sistema nervioso; célula especializada para la integración y transmisión de información.

Neuronas espejo. Una neurona que se activa cuando un humano realiza una acción y cuando otro humano observa la acción realizada por éste. Las neuronas espejo por lo tanto "reflejan" las conductas, como si el observador mismo estuviera realizando la acción.

Neurona motora. Neurona que lleva información desde el sistema nervioso central al músculo.

Neurotransmisor. Un químico liberado por las neuronas en una sinapsis con el propósito de transmitir información vía receptores.

Núcleo *accumbens*. Es un conjunto de neuronas ubicadas donde la cabeza del núcleo caudado y la porción anterior del putamen se encuentran justo lateralmente al *septum pellucidum*. El núcleo *accumbens*, el tubérculo olfatorio ventral, el caudado ventral y el putamen forman colectivamente el estriado ventral. Se piensa que este núcleo cumple un papel importante en la recompensa, el placer y la adicción.

Núcleo caudado o caudal. Un núcleo telencefálico ubicado dentro de los ganglios basales en el cerebro. El caudado es una parte importante del sistema de aprendizaje y de memoria del cerebro.

Ontogénesis. Historia del desarrollo de un individuo.

Órgano endocrino. Un órgano que secreta una hormona directamente al flujo sanguíneo para regular la actividad celular de ciertos otros órganos.

Oxitocina. También conocida como la "hormona del amor". La oxitocina está implicada en el reconocimiento y la vinculación social, y podría estar involucrada en la formación de la confianza entre las personas.

Pensamiento del cerebro derecho. Término lego basado en la idea falsa de que los procesos de pensamiento de orden superior se encuentran divididos estrictamente en roles, que ocurren independientemente en

diferentes mitades del cerebro. Se piensa que está basado en exageraciones, por descubrimientos específicos de la especialización del hemisferio derecho en algunos dominios limitados.

Pensamiento del lado izquierdo. Un término lego basado en la idea falsa de que los procesos de pensamientos de orden superior están divididos estrictamente en roles, que ocurren de manera independiente en diferentes mitades del cerebro. Se piensa que está basado en exageraciones de descubrimientos específicos de especializaciones del hemisferio izquierdo, tales como los sistemas neuronales que controlan el habla.

Período crítico. Concepto que se refiere a ciertos períodos cuando la capacidad del cerebro para ajustarse en respuesta a experiencias es sustancialmente mayor que durante otros períodos. En los humanos, los períodos críticos sólo existen durante el desarrollo prenatal. Sin embargo, se ha sabido de períodos sensibles que ocurren en la infancia (ver **mito de los tres** y **período sensible**).

Período sensible. Marco de tiempo en el cual un evento biológico particular es probable que ocurra mejor. Los científicos han documentado períodos sensibles para ciertos tipos de estímulos sensoriales (tales como la visión y sonidos del habla), y para ciertas experiencias emocionales y cognitivas (tales como el apego y la exposición al lenguaje). No obstante, hay muchas habilidades mentales, tales como la lectura, el tamaño del vocabulario y la habilidad de ver color, que no parecen pasar a través de períodos sensibles muy estrechos en el desarrollo.

Plasticidad. También "plasticidad del cerebro". El fenómeno de cómo el cerebro cambia y aprende en respuesta a la experiencia.

Poda. Proceso natural de eliminación de contactos sinápticos débiles.

Poda sináptica. Proceso en el desarrollo del cerebro por el cual se dejan perderse las sinapsis (conexiones entre las neuronas) no utilizadas. La experiencia determina cuáles sinapsis serán descartadas y cuáles serán mantenidas.

Potencial de acción. Esto ocurre cuando una neurona es activada y temporalmente invierte el estado eléctrico de su membrana interior de negativo a positivo. Esta carga eléctrica se desplaza a lo largo del axón al

terminal de la neurona donde dispara la descarga de un neurotransmisor excitante o inhibidor.

Potenciales evocados. Medida de la actividad eléctrica del cerebro en respuesta a estímulos sensoriales. Esto se obtiene ubicando electrodos en la superficie del cuero cabelludo (o más raramente, dentro de la cabeza), administrando un estímulo repetidas veces, para luego usar una computadora para promediar los resultados.

Potenciales relacionados con eventos (PRE). Primero, las señales eléctricas son grabadas mediante un EEG. La información obtenida con esta tecnología es entonces fijada en el tiempo a la presentación repetida de un estímulo al sujeto, a fin de ver al cerebro en acción. La activación cerebral resultante (o potenciales relacionados a eventos) puede ser relacionada luego con el evento estimulante.

Potenciamiento de largo plazo [LTP, sigla en inglés]. El aumento de la sensibilidad de la neurona como función de estimulación anterior.

Precuneus. Estructura cerebral posicionada sobre el *cuneus* y ubicada en el lóbulo parietal.

Procesamiento de información. Análisis de la cognición humana en una serie de pasos mediante los cuales la información abstracta es procesada.

Putamen. Componente del sistema límbico. Esta parte es responsable de las habilidades motoras familiares.

Razonamiento. El acto de usar la razón para derivar una conclusión a partir de ciertas premisas, usando una metodología dada. Los dos métodos explícitos más comúnmente usados para llegar a una conclusión son el **razonamiento deductivo** en el cual la conclusión deriva de hechos conocidos con anterioridad, y el **razonamiento inductivo**, en el cual se cree que las premisas de un argumento respaldan la conclusión, pero no la aseguran.

Redes cognitivas. Redes cerebrales involucradas en procesos tales como la memoria, atención, percepción, acción, resolución de problemas e imagen mental. Este término también se emplea para las redes artificiales, tal como la inteligencia artificial.

Regulación emocional. Habilidad de regular y templar apropiadamente las emociones.

Ritmo/reloj circadiano. Un ciclo de comportamiento o de cambio fisiológico que dura aproximadamente 24 horas.

Señales electroquímicas. Estas señales son los medios mediante los cuales las neuronas se comunican unas con otras.

Serotonina. Neurotransmisor monoamina que se cree tiene muchas funciones, incluyendo, pero no limitándose a, la regulación de la temperatura, la percepción sensorial y el comienzo del sueño. Las neuronas que usan serotonina como transmisor se encuentran en el cerebro y en los intestinos. Una cantidad de drogas antidepresivas están focalizadas en los sistemas de serotonina del cerebro.

Sinapsis. Brecha entre dos neuronas que funciona como el sitio de transferencia de información, desde una neurona a otra (llamada "célula objetivo" o "neurona postsináptica").

Sinapsis excitadoras. Sinapsis donde los neurotransmisores disminuyen la diferencia potencial entre las membranas neuronales.

Sinaptogénesis. Formación de una sinapsis.

Sistema inmunológico. La combinación de células, órganos y tejidos que trabajan juntos para proteger el cuerpo contra infecciones.

Sistema límbico. También conocido como el "cerebro emocional". Limita con el tálamo y el hipotálamo y está compuesto por muchas de las estructuras profundas del cerebro –incluyendo la amígdala, el hipocampo, el *septum* y los ganglios basales– que trabajan para ayudar a regular la emoción, la memoria y ciertos aspectos del movimiento.

Sistema nervioso parasimpático. Una rama del sistema nervioso autónomo involucrado en la conservación de la energía y recursos del cuerpo durante estados relajados.

Sistema nervioso periférico. Una división del sistema nervioso que comprende todos los nervios que no son parte del cerebro o médula espinal.

Sistema nervioso simpático. Rama del sistema nervioso autónomo responsable de movilizar la energía y los recursos del cuerpo durante momentos de estrés y excitación.

Surco/surcos. Surco de circunvalaciones en la superficie del cerebro. Mientras que los circunvolucioness sobresalen de la superficie cerebral, los surcos se retraen, formando valles entre los giros.

Tálamo. Estructura consistente de dos masas de tejido nervioso, con forma de huevo, cada una del tamaño de una nuez, muy profunda dentro del cerebro. Es la estación de relevo clave para la información sensorial que fluye al cerebro, filtrando sólo la información de particular importancia, de la masa de señales que entran al cerebro.

Tallo cerebral. La ruta principal por medio de la cual el encéfalo envía información a, y recibe información desde, la médula espinal y nervios periféricos. Controla, entre otras cosas, la respiración y la regulación de los ritmos cardíacos.

Tarea de Stroop. Prueba psicológica para la vitalidad mental y la flexibilidad. Por ejemplo, si una palabra es impresa o exhibida en un color diferente del color al cual se refiere; por ejemplo, si la palabra "verde" es escrita en tinta azul, ocurre una demora en el procesamiento del color de la palabra, conduciendo a tiempos de reacción más lentos en la prueba y a un aumento en los errores.

TC (Tomografía computarizada). Originalmente conocida como tomografía axial computarizada (escaneo TAC o TC) y roentgenografía seccional del cuerpo. Un método médico de imagenología, que emplea la tomografía donde se usa el procesamiento geométrico digital para generar una imagen tridimensional de la parte interna de un objeto, a partir de una serie numerosa de imágenes bidimensionales de rayos X tomadas alrededor de la rotación sobre un eje único.

Técnica mnemónica. Técnica que realza el desempeño de la memoria.

Temor/condicionamiento al temor. El condicionamiento al temor es una forma de condicionamiento clásico (un tipo de aprendizaje asociativo cuyo pionero en animales fue Pavlov en la década de 1920) que involucra la repetida asociación de un estímulo inofensivo, tal como

una luz, llamado el "estímulo condicionado", con un estímulo nocivo, tal como un golpe suave, llamado el "estímulo incondicionado", hasta que el animal muestra una respuesta de temor, no solamente al golpe, sino a la luz sola, llamada una "respuesta condicionada". Se piensa que el condicionamiento al temor depende de la amígdala. Bloqueando la amígdala se puede prevenir la expresión de temor.

Teoría de la interferencia. Una teoría acerca del olvido en la cual otros recuerdos interfieren con la retención del recuerdo objetivo.

TEP (Tomografía por emisión de positrones). Una variedad de técnicas que usan TEP emiten radionucleoides para crear una imagen de la actividad del cerebro; a menudo el flujo sanguíneo o la actividad metabólica. La TEP produce imágenes tridimensionales a color de las sustancias químicas o de sustancias que funcionan dentro del cerebro.

Terminal/Terminal de axón. Estructura especializada en el extremo del axón que es usada para liberar neurotransmisores químicos y comunicarse con neuronas objetivo.

Tomografía computarizada por emisión de fotones [SPECT, sigla en inglés]. Imagen funcional que usa una tomografía computarizada de emisión simple de fotones.

Topografía óptica. Método de imagenología transcraneano no invasivo de las funciones de orden superior del cerebro. Este método, basado en la espectroscopía cercana al infrarrojo, es resistente al movimiento, por ello, la persona puede ser puesta a prueba bajo condiciones naturales.

Tramo de la memoria. La cantidad de información que puede ser recordada perfectamente en un prueba de memoria inmediata.

Transdisciplinariedad. Término empleado para explicar el concepto de fusionar por completo diferentes disciplinas, lo que resulta en una disciplina nueva con su propia estructura conceptual, que extiende las fronteras de las ciencias y disciplinas originales incluidas en su formación.

Trastorno bipolar. También conocido como "depresión maníaca". El trastorno bipolar involucra cambios extremos en el temperamento, desde la manía (una forma de euforia) hasta la depresión profunda. No hay

una causa sencilla, si bien hay evidencia sólida de que está asociado a cambios químicos internos en varios transmisores naturales del temperamento al cerebro, pero la forma precisa en que esto ocurre no es conocida aún. El trastorno puede ser disparado por el estrés y las tensiones de la vida diaria, por un evento traumático o, en casos raros, por traumas físicos, tales como una lesión en la cabeza.

Trastornos del espectro autismo/autístico. Un espectro de condiciones del desarrollo neuronal, caracterizadas por dificultades en el desarrollo de relaciones sociales, habilidades comunicacionales, comportamiento repetitivo y dificultades del aprendizaje.

Ventrículos. De los cuatro ventrículos –espacios comparativamente grandes llenos de fluido cerebroespinal–, tres están ubicados en el cerebro y uno en el tronco cerebral. Los ventrículos laterales, los dos más grandes, están ubicados simétricamente sobre el tronco cerebral, uno en cada hemisferio.



La investigación del cerebro está ganando terreno lento pero seguro, en cuanto a aplicaciones en el campo del aprendizaje.

Esto ha llevado al impulso de muchas iniciativas nacionales en los países de la OCDE, para poner el nuevo conocimiento acerca del cerebro dentro de la práctica educacional. Sin embargo, el número de descubrimientos relacionados con la investigación cerebral que ha sido aprovechado por el sector educacional permanece relativamente bajo hasta ahora, en parte debido a que no existe aún consenso para las potenciales aplicaciones de la investigación del cerebro a las políticas educacionales.

Este libro tiene como finalidad educar a los lectores acerca del cerebro y la comprensión de cómo se aprende y de cómo el aprendizaje puede ser optimizado mediante la crianza, la capacitación y los procesos y las prácticas de enseñanza puestos en práctica.



